Preis 3 kr. (N° 4.) oder 1 Ngr.

Wochenbände

für das

geistige und materielle Wohl

des

deutschen Volkes.

Herausgegeben

von der

Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher.

Mit einer Menge von Abbildungen.

Die Gesetze der Materie und Bewegung.

in zwei Theilen.

I.

Stuttgart, 1846.

Expedition der Wochenbände.

☞ Die Rückseite gefälligst zu lesen!

Die Gesetze

der

Materie und Bewegung.

(Umfassend: Statik, Pyronomik und Dynamik.)

Für Schule und Haus.

*

Aus dem Englischen

von

Dr. Franz Kottenkamp.

Mit Abbildungen.

Stuttgart:

Expedition der Wochenbände.

1846.

Druck von Scheible, Rieger & Sattler in Stuttgart.

Vorrede.

Die Gesetze, welche man gewöhnlich unter dem Titel Statik, Pyronomik (Lehre über Wärme) und Dynamik behandelt, bilden nicht allein eine zweckmäßige Einleitung in die Naturwissenschaft, sondern auch denjenigen besondern Theil derselben, dessen Kunde für Jederman am wichtigsten ist. Deßhalb sind sie hier in einer kleinen besonderen Abhandlung dargelegt, deren Preis sowohl, wie die Einfachheit der Sprache darauf berechnet ist, ihre allgemeine Einführung in Familie und Schule zu erleichtern.

Die noch übrigen Theile der Physik — Mechanik, oder mechanische Kräfte und Maschinenwesen, Hydrostatik und Hydraulik, Pneumatik, Akustik und Optik, Elektricität und Magnetismus, Meteorologie und Astronomie werden in andern Abhandlungen dargelegt, die bald herauskommen werden. Braucht man dies Werk beim Unterricht ebenso wie die folgenden andern, so ist es von Wichtigkeit, daß jeder Paragraph verstanden wird, bevor man zum nächsten

fortschreitet. Das Ganze bildet einen Bau, worauf der spätere Theil auf dem früheren ruht. Der Schüler sollte nicht allein lesen, sondern auch über die dargelegten Grundsätze nachdenken und sich Beispiele ihrer Wirkung im gemeinen Leben wie in den gewöhnlichsten Naturerscheinungen aufsuchen.

Um Uebung zu erleichtern und Bequemlichkeit beim Anführen darzubieten ist jeder Paragraph mit einer Nummer versehen.

Gesetze der Materie und Bewegung.

Materie und deren Eigenschaften.

1. Materie ist ein Ausdruck für alle Dinge, die man für körperliche Stoffe hält. Wir erlangen die Kenntniß, daß Dinge körperlichen Stoff besitzen, durch unsere Sinne, wobei wir bisweilen die Anstellung von Versuchen zu Hülfe nehmen müssen.

2. Die Materie ist organisch, wenn sie Werkzeuge zur Erhaltung lebendiger Thätigkeit besitzt; Materie ist unorganisch, wenn Werkzeuge zur Ausübung lebendiger Thätigkeit fehlen. Thiere und Pflanzen sind organische Materie oder Stoffe; ein Stein ist unorganische Materie.

3. Theile der Materie heißen Körper. Luft, Wasser, Erde — ein Stein, eine Kugel, ein Thier, ein Baum, jedes vorhandene Ding, welches wir durch unsere Sinne erkennen und von andern unterscheiden können — sind Körper.

4. Wenn irgend ein Theil der Materie auf unsere Sinne einwirkt, so nennt man die dadurch erlangte Empfindung einen Eindruck und unsere Kenntniß vom Dasein der aufregenden Ursache, welche aus diesem Eindruck entsteht, heißt eine Wahrnehmung.

5. Das Vermögen der Körper, gewisse Eindrücke hervorzubringen, besteht in deren Eigenschaften.

6. Die Erscheinungen, welche in der materiellen Welt stattfinden, werden als das Ergebniß gewisser natürlicher Gesetze betrachtet. Ein natürliches Gesetz ist eine Regel oder ein Grundsatz, oder ein Princip, nach welchem dasselbe Ereigniß unter denselben Umständen gleichförmig eintritt.

7. Die natürlichen Gesetze, welche die Erscheinung der unorganischen Materie und ihre Eigenschaften bedingen,

heißen bisweilen physisch, nach dem Griechischen Wort, welches Natur bezeichnet. Die Darlegung dieser Gesetze heißt Naturphilosophie oder Physik.

8. Die Beschaffenheit eines Körpers ist der Zustand seines Seins, oder seine eigenthümliche Zusammensetzung aus Eigenschaften. Wir können keine Eigenschaft eines Körpers verändern, ohne seine Beschaffenheit zu verändern. Körper haben gewisse Eigenschaften, die man wesentlich nennt, weil sie sich beständig in Körpern vorfinden. Die wesentlichen Eigenschaften der Körper sind Undurchdringbarkeit, Ausdehnung, Gestalt, Theilbarkeit, Trägheit und Anziehung.

Undurchdringbarkeit.

9. Undurchdringbarkeit ist die Eigenschaft, wornach zwei Körper nicht zu derselben Zeit denselben Raum einnehmen können. Jedes Theilchen der Materie nimmt einen gewissen Raum ein, und derselbe Raum kann nicht zur selben Zeit von einem andern Theilchen eingenommen werden. Was man gewöhnlich Durchdringbarkeit nennt, ist allein der Umstand, daß sich gewisse Theilchen von Körpern verrücken lassen. Nach der gewöhnlichen Sprache läßt sich ein Stück Teig mit dem Finger durchdringen; eigentlich jedoch ist das Eindringen eines Fingers in ein Stück Teig nur die Verrückung von so viel Teig, wie der vom Finger eingenommene Raum beträgt. Vielleicht wäre der Ausdruck Raumeinnahme ein weniger zweideutiger Ausdruck für den Begriff der Undurchdringbarkeit.

10. Es gibt Fälle, worin eine Verdichtung stattfindet, wenn man zwei Flüssigkeiten zusammenmischt, so daß ein beträchtlich geringerer Raum von den beiden zusammen eingenommen wird, wie sie beide im abgesonderten Zustande einnahmen; allein dies entsteht aus dem Eintreten einer chemischen Verbindung; die Theilchen der Stoffe sind durch die geheimnißvolle Wirksamkeit chemischer Einwirkung näher an einander gezogen werden; so nimmt die ganze Flüssigkeit weniger Raum ein wie früher. In derselben Weise werden die Theilchen eines zusammengedrückten Schwammes näher an einander gerückt und deßhalb nimmt er weniger Raum ein wie zuvor, ehe er gedrückt wurde. Hand und Schwamm kann so zusammen denselben Raum einnehmen, wie früher der Schwamm.

11. Ein Nagel in ein Stück Holz oder anderes weiches Material unter gewissen Umständen getrieben, vermehrt nicht die allgemeine Größe des Körpers; indem er ihn durchdringt,

verrückt er dagegen dessen Theilchen, und nimmt den Raum ein, den sie früher einnahmen; folglich sind dieselben dichter oder fester geworden wie früher, in derselben Weise wie die Theilchen des zusammengedrückten Schwammes. Im einen Fall sind die Theilchen von außen, in dem andern von innen her verdichtet; allein diese Theilchen nehmen immer noch einen Raum ein, den andere Theilchen zur selben Zeit nicht einnehmen können; in jedem Fall, worin der Versuch gemacht wurde, wird man finden, das eine Theilchen sei vom andern verrückt worden, obgleich scheinbar jener Versuch gelungen sein mag.

Ausdehnung oder Größe.

12. Alle Körper, welche den Sinnen wahrnehmbar sind, nehmen einen gewissen Raum ein d. h. sie besitzen Ausdehnung oder Größe; bei denjenigen, welche so klein sind, daß sie der Nachforschung der Sinne entgehen, setzt der Verstand dieselbe voraus. Die Undurchdringbarkeit der Materie setzt ihre Ausdehnung oder Größe voraus. Es ist unmöglich, sich einen Begriff von der Materie zu bilden, wie klein auch das Theilchen sein mag, ohne zugleich damit den Gedanken zu verbinden, daß es eine gewisse Größe hat und einen gewissen Betrag von Raum ausfüllt.

13. In der gewöhnlichen Sprache wird diese Eigenschaft der Körper mit dem Ausdruck Größe bezeichnet; allein der passendste Ausdruck ist wohl Umfang. So sagen wir, der Umfang einer Kugel beträgt so und so viel Kubikzoll. Gebraucht man die Ausdrücke Linien und Oberfläche, so werden darunter die äußeren Grenzen von seiner Größe verstanden. Linien sind die Grenzen, welche mehre Oberflächen desselben Körpers trennen; man nennt sie auch Ränder. So heißt die Linie, welche die obere Fläche von einer der Seitenflächen in einer Schachtel trennt, deren Rand. Der Betrag einer Oberfläche heißt der Flächeninhalt; der Betrag einer Linie heißt deren Länge. So sagen wir, der Flächeninhalt eines Fußbodens, beträgt so und so viel Fuß; die Länge eines Taues beträgt so und so viel Fuß. Umfang, Flächeninhalt und Länge wird jedoch bisweilen mit dem Ausdruck Größe bezeichnet.

14. Die Ausdehnung der Größe heißt gewöhnlich Länge, Breite und Tiefe. Natürlich sind diese in den verschiedenen Körpern nach ihrer Form verschieden. Höhe und Tiefe ist dieselbe Ausdehnung, nur von verschiedenem Gesichtspunkt betrachtet. Wird ein Körper nach unten gemessen,

so sagt man, er sei so viel Fuß tief; mißt man ihn aufwärts, so sagt man, er ist so und so viel Fuß hoch. Breite und Weite drücken dieselbe Ausdehnung aus.

Gestalt.

15. Die Gestalt eines Körpers ist dessen äußere Form. Aeußere Form ist das Resultat der Ausdehnung, denn wir können uns keinen Körper mit Länge und Breite denken, ohne daß er irgend eine Gestalt, wie unregelmäßig dieselbe auch sein mag, haben sollte. Der Umfang eines Körpers hat keine Beziehung auf dessen Gestalt. Körper, welche dieselbe Gestalt haben, können sehr verschiedenen Umfang besitzen, und Körper können denselben Umfang, aber sehr verschiedene Gestalten besitzen. So können zwei Massen Materie denselben Umfang haben, obgleich die eine rund die andere viereckig ist.

Theilbarkeit.

16. Die Materie ist in Theile zu sondern und diese lassen sich wieder in andere Theile sondern. Dies heißt Theilbarkeit oder Trennbarkeit.

17. Es scheint keine Grenze für die praktische Grenze der Materie vorhanden zu sein; manche Beispiele, die sich in physischen Versuchen vorfinden, übersteigen binahe die Glaubbarkeit. Der dünnste Theil einer Seifenblase, die gleichsam eine dünne Schale aus Wasser und aus der Materie der Seife ist, übersteigt nicht in Dichtigkeit den 2500000sten Theil eines Zolls. Auch die Gewerbe bieten mehre auffallende Beispiele; in der organischen Welt aber finden sich die erstaunenswerthesten Beweise von der außerordentlichen Theilbarkeit der Kügelchen oder Theilchen der Materie.

18. Mikroskopische Thierchen, d. h. solche Thiere, welche zu klein sind, um mit dem bloßen Auge erblickt zu werden, und welche man durch Mikroskope im Wasser schwimmen sieht, sind in manchen Fällen so klein, daß eine Million von ihnen erfordert werden würde, um die Größe eines Sandkorns zu bilden. Da diese Thierchen in jedem Fall eine vollkommene Einrichtung besitzen, wodurch sie die Verrichtungen des Lebens vollbringen können, so ist die Kleinheit ihrer verschiedenen Theile und die außerordentliche Kleinheit der Theilchen der Materie, woraus sie bestehen, zu außerordentlich, um berechnet werden zu können;

die Einbildungskraft verliert sich in der Betrachtung ihrer wunderbaren Einrichtung.

19. Die Ausflüsse, welche das Gefühl des Geruchs bewirken, bestehen aus einer unberechenbaren Zahl von Theilchen der Materie, die in der Atmosphäre schwimmen, und so klein sind, daß sie das Auge nicht erblicken kann. Diese Theilchen sind wegen ihrer Kleinheit nicht weniger merkwürdig, wie wegen der Länge der Zeit, worin sie sich in der Atmosphäre schwebend erhalten, oder mit einem besondern Ort in Verbindung stehen. Die Ausflüsse, welche ein einziges Körnchen Moschus entsendet, haben schon ein großes Zimmer 20 Jahre lang mit Geruch erfüllt und bei Beendigung dieses Zeitraums hatte sich dennoch die kleine Masse, von welcher der Geruch ausging, nicht sichtbar vermindert.

20. die Verbreitung von Theilchen, welche dem bloßen Auge unsichtbar sind, ist auch in dem Fall erkennbar, daß man ein Stück Zucker im Thee schmilzt; die feste Masse Zucker verschwindet, und die Theilchen, woraus sie bestand, verbreiten sich in der Flüssigkeit. Eine ähnliche Verbreitung der Salztheilchen findet sich im Meere. Sehen wir durch ein Glas Seewasser, so erblicken wir es als hell und rein; gießen wir es aber in ein Geschirr am Feuer und kochen es, so entdecken wir zuletzt, daß die Salztheilchen, die es im Stande der Auflösung enthielt, sobald die Flüssigkeit in der Form von Dampf entwichen ist, als Kruste an dem Geschirre hängen.

21. Theilchen der Materie werden nie zerstört oder gehen nie verloren, obgleich sie der unmittelbaren Beobachtung verschwinden. Unter gewissen Umständen lassen sich die Theilchen ohne Veränderung der Form zu einem Körper ansammeln. Quecksilber, Wasser und manche andere Stoffe, lassen sich in Dunst verwandeln, oder in verschlossenen Gefäßen destilliren, ohne daß eines ihrer Theilchen verloren geht. In solchen Fällen findet sich keine Zersetzung der Stoffe, sondern allein ein Wechsel der Gestalt vermittelst der Wärme; bei der Abkühlung nimmt Quecksilber und Wasser die ursprüngliche Form wieder an.

22. Erleiden die Körper Zersetzung oder Verwesung, so werden ihre Theilchen in gleicher Weise weder zerstört, noch verloren, sondern gehen allein neue Verbindungen mit andern Körpern ein. Wenn ein Stück Holz in einem verschlossenen Gefäße, z. B. in einer Retorte, erhitzt wird, so erhalten wir Wasser, eine Säure, verschiedene Gasarten,

und es bleibt ein schwarzer, poröser Stoff zurück, den man Kohle nennt. Das Holz ist zersetzt oder zerstört; seine Theilchen erhalten eine neue Anordnung und nehmen eine neue Gestalt an; daß aber nichts verloren geht, wird dadurch bewiesen, daß Wasser, Säure, Gas und Kohlen gesammelt und gewogen, ebenso schwer wie das Holz vor der Destillation sind. In derselben Weise wird der Stoff der Steinkohle durch Verbrennung nicht vernichtet, sondern allein in der Form von Rauch, oder in Theilchen von Ruß, Gas, Asche oder Staub gestreut. Knochen, Fleisch oder irgend ein thierischer Stoff kann in derselben Weise in eine neue Form verwandelt werden, ohne daß er ein Theilchen der ursprünglich enthaltenen Materie verlöre. Die Verwesung thierischer oder Pflanzenstoffe in offener Luft oder im Boden, ist allein ein Vorgang, durch welchen die Theilchen, woraus sie bestehen, ihren Ort verändern und neue Gestalten annehmen.

23. Die Verwesung und Zersetzung von Thieren und Pflanzen unter der Oberfläche der Erde befruchtet den Boden, welcher den Wuchs der Pflanzen bedingt, welche wieder die Nahrung der Thiere bilden. So findet sich ein fortwährender Wechsel vom Tod zum Leben und vom Leben zum Tod und eine fortwährende Aufeinanderfolge in den Formen und Orten, welche die Theilchen der Materie einnehmen. Nichts geht verloren und keinem Theilchen der Materie wird das Dasein genommen. Dieselbe Materie, aus welcher früher lebende Thiere und die Pflanzen in den frühesten Zeiten gebildet wurden, ist auch noch jetzt vorhanden. Da nichts verloren geht oder vernichtet wird, so ist auch wahrscheinlich nichts hinzugefügt worden, so daß wir selbst aus Theilchen der Materie bestehen, welche so alt wie die Schöpfung ist. Mit der Zeit müssen auch wir Zersetzung erleiden, wie alle Formen vor uns, und so die Materie, woraus wir gebildet sind, zur Bildung neuer Wesen zurückgeben.

24. Von solcher Art sind die bemerkenswerthen Erscheinungen, welche mit der Theilbarkeit der Materie verbunden sind. So werden wir natürlich zur Untersuchung geführt, ob die Materie unendlich theilbar ist, oder ob gewisse Atome fernerer Theilung unfähig sind. Die letztere Voraussetzung wird gewöhnlich angenommen, allein es läßt sich nicht läugnen, das diese Behauptung kaum richtig zu sein scheint. Wie klein ein Theilchen auch immer sein mag, so können wir uns doch ein noch kleineres denken,

z. B. wenn wir dasselbe Theilchen uns halbirt denken. Abgesehen von wirklicher Beobachtung, scheint es widersinnig für den Verstand, daß man Grenzen für die Theilbarkeit der Materie aufstellt, ebenso, wie Grenzen für den Raum, welcher als unendlich betrachtet wird.

Trägheit.

25. Trägheit bedeutet einen Zustand des Leidens oder der Unthätigkeit; so befindet sich die Materie vollkommen als leidend, indem sie sich einem Zustande unterwirft, worin sie versetzt ist, mag dieser in Ruhe oder Bewegung bestehen. Ruht die Materie, so zeigt sie Unfähigkeit zur Bewegung und Widerstreben gegen dieselbe; ist sie in Bewegung, so zeigt sie eine gleiche Unfähigkeit oder Widerstrebung, in einen Zustand der Ruhe zu kommen.

26. Es ist offenbar, daß ein Stein auf der Oberfläche der Erde in Bezug auf andere Dinge der Erde niemals seine Lage wechselt. An sich hat er keine Kraft zur Bewegung und wird deßhalb für immer ruhig daliegen, wenn er nicht durch äußere Kraft bewegt wird. Ebenso wahr ist der Satz, daß die träge Materie, wenn einmal in Bewegung gesetzt, keine Kraft hat, sich zur Ruhe zu bringen, wie sie sich nicht in Bewegung setzen kann, so lange sie sich in Ruhe befindet; da sie kein Leben besitzt, ist sie vollkommen leidend, sowohl in Bezug auf Bewegung wie auf Ruhe; deßhalb ist jeder der beiden Umstände von äußern Umständen abhängig.

27. Es lassen sich viele Beispiele von der Neigung der Materie, in demjenigen Zustand zu bleiben, worin sie sich schon befindet, angeben. Folgende Beispiele sind die bezeichnendsten: wenn die Segel eines Schiffes gegen den Wind gespannt werden, so setzt sich das Schiff zuerst langsam und schwerfällig in Bewegung; allmählig aber steigert sich seine Geschwindigkeit so wie die antreibende Kraft die Trägheit der Masse überwunden hat. Eine große Kraft ist zuerst nothwendig, ein Fuhrwerk in Bewegung zu setzen; ist dies aber einmal geschehen, so geht das Fuhrwerk mit verhältnißmäßiger Leichtigkeit weiter, so daß wirklich eine starke Anstrengung nothwendig ist, bevor es angehalten werden kann. Steht Jemand in einem Fuhrwerke, wenn es plötzlich in Gang gebracht wird, so werden seine Füße vorwärts gestoßen, während sein Körper dem Gesetz der Trägheit gehorchend, dort bleibt, wo er war und somit rückwärts fällt. Andererseits wird die Person, welche in einem plötzlich angehaltenen Fuhrwerk die frühere Stellung beibehält, in der

entgegengesetzten Richtung fallen, weil ihr Körper die Neigung hat, sich vorwärts zu bewegen, indem er dieselbe Bewegung wie das ihn tragende Fuhrwerk angenommen hat. Zufälle dieser Art ereignen sich häufig bei Reitern, welche über die Hälse ihrer Pferde geschleudert werden, oder hinter die Pferde fallen, je nachdem das Thier plötzlich still steht oder unerwartet sich in Lauf setzt. Ein Mann, der aus einer in voller Geschwindigkeit befindlichen Kutsche springt, wird sicherlich hingestreckt auf den Boden fallen, wenn er so herunter springt, als stiege er von einem ruhenden Körper auf einen andern in demselben Zustand hinab; wenn er den Versuch macht, so hat sein Körper dieselbe Bewegung wie die Kutsche, und wenn die Füße auf den Boden kommen, so ist die Bewegung in dem untern Theile aufgehalten, während sie im obern fortgesetzt wird; so wird er aus der senkrechten in die horizontale Lage geworfen.

28. Folgendes ist ein bekanntes Beispiel von der Trägheit der Materie: man lasse eine Karte und ein darauf gelegtes Stück Geld auf der Spitze eines Fingers schweben. Man gebe der Karte einen starken Stoß, so wird sie unter dem Gelde wegfliegen und das Geld auf dem Finger zurücklassen. Dies hat seinen Grund in der Trägheit des Metalls, welche größer ist, als die Reibung der unter ihm fortfliegenden Karte.

29. Die Hasenjagd bietet eine auffallende Erläuterung der Trägheit. Auf dieser Jagd scheint der Hase durch seinen Instinkt ein Bewußtsein von dem Dasein dieses Gesetzes der Materie zu haben. Wird er von dem Windspiele verfolgt, so läuft er zu dem Ort, wo er Schutz sucht, nicht in gerader Linie, sondern im Zickzack. Er verwechselt plötzlich die Richtung seines Laufes und dreht sich im spitzen Winkel zur Richtung, die er verfolgte. Das Windspiel, welches unvorbereitet für diese Wendung war, und deßhalb der Bestrebug in der schnellen von ihm erlangten Bewegung zu verharren, nicht widerstehen kann, wird auf eine beträchtliche Entfernung fortgetrieben, bevor es seine Eile anhalten und zur Verfolgung zurückkehren kann. Mittlerweile aber ist der Hase in einer andern Richtung gerade aus weithin vorausgeeilt; und obgleich ein Hase weniger geschwind ist wie ein Windspiel, so entgeht er durch dies kluge Verfahren oft seinem Verfolger. Diejenigen, welche häufig bei Pferderennen waren, werden bemerkt haben, daß die Pferde weit über das Ziel hinaus fortschießen bevor ihre Eile angehalten werden kann. Dies ist ebenfalls von der Trägheit ihrer Körper abhängig.

30. Da die gemeine Erfahrung zeigt, daß die Materie sich nicht in Bewegung setzt, so könnten wir zu dem Glauben verleitet werden, daß die Ruhe der natürliche Zustand aller trägen Körper ist; allein wenige Betrachtungen werden uns zeigen, daß die Bewegung ebensowohl der natürliche Zustand ist wie Ruhe, und daß beide Zustände von dem Widerstand oder Antrieb äußerer Ursachen abhängen.

31. Wenn eine Kanonenkugel auf dem Boden gerollt wird, so wird sie bald zu rollen aufhören, weil der Boden uneben ist und der Bewegung Hindernisse darbietet; wird sie aber auf dem Eise gerollt, so wird ihre Bewegung weit länger dauern, weil sich weniger Hindernisse vorfinden; folglich wird dieselbe Kraft des Anstoßes sie viel weiter forttreiben. Wir ersehen hieraus, daß die Entfernung zu welcher die Kugel sich bewegen wird, bei demselben Antrieb von den Hindernissen, die sie antrifft, oder von dem zu überüberwältigenden Widerstande abhängen muß. Man nehme jedoch an, daß Kugel und Eis so glatt wären, daß der durch Reibung verursachte Widerstand so viel wie möglich entfernt würde, so ist es klar, daß die Kugel sich länger und auf eine größere Entfernung hin bewegen wird. Man nehme ferner an, daß man die Reibung des Eises vermeiden und die Kugel durch die Luft treiben kann; alsdann wird sie sich noch länger mit derselben Kraft, welche sie fortschleuderte, bewegen, weil die Luft allein weniger Hinderisse wie Luft und Eis darbieten, und da nichts vorhanden ist, sich ihrer fortwährenden Bewegung entgegenzusetzen, wie der Widerstand der Luft.

32. Ist die Luft aus einem Gefäße vermitelst der Luftpumpe herausgezogen oder gepumpt worden, und wird alsdann ein gewöhnlicher Kreisel mit einer kleinen harten Spitze darin in Bewegung gesetzt, so wird er sich eine beträchtliche Zeit fortdrehen, weil die Luft ihm keinen Widerstand bietet. Ein Pendel, welcher in einem luftleeren Gefäß in Bewegung gesetzt wird, setzt einen ganzen Tag lang ohne Hülfe eines Uhrwerks seine Schwingungen fort, weil nichts seiner beständigen Bewegung Widerstand leistet, als die kleine Reibung am Punkte, wo er aufgehängt ist.

33. Wir sehen also, daß der Widerstand der Luft, der Reibung und der Schwerkraft die in Bewegung gesetzten Körper zur Aufhörung der Bewegung oder zur Ruhe bringt, und daß leblose Materie an sich weder ihre Bewegung noch ihre Ruhe veranlassen kann.

entgegengesetzten Richtung fallen, weil ihr Körper die Neigung hat, sich vorwärts zu bewegen, indem er dieselbe Bewegung wie das ihn tragende Fuhrwerk angenommen hat. Zufälle dieser Art ereignen sich häufig bei Reitern, welche über die Hälse ihrer Pferde geschleudert werden, oder hinter die Pferde fallen, je nachdem das Thier plötzlich still steht oder unerwartet sich in Lauf setzt. Ein Mann, der aus einer in voller Geschwindigkeit befindlichen Kutsche springt, wird sicherlich hingestreckt auf den Boden fallen, wenn er so herunter springt, als stiege er von einem ruhenden Körper auf einen andern in demselben Zustand hinab; wenn er den Versuch macht, so hat sein Körper dieselbe Bewegung wie die Kutsche, und wenn die Füße auf den Boden kommen, so ist die Bewegung in dem untern Theile aufgehalten, während sie im obern fortgesetzt wird; so wird er aus der senkrechten in die horizontale Lage geworfen.

28. Folgendes ist ein bekanntes Beispiel von der Trägheit der Materie: man lasse eine Karte und ein darauf gelegtes Stück Geld auf der Spitze eines Fingers schweben. Man gebe der Karte einen starken Stoß, so wird sie unter dem Gelde wegfliegen und das Geld auf dem Finger zurücklassen. Dies hat seinen Grund in der Trägheit des Metalls, welche größer ist, als die Reibung der unter ihm fortfliegenden Karte.

29. Die Hasenjagd bietet eine auffallende Erläuterung der Trägheit. Auf dieser Jagd scheint der Hase durch seinen Instinkt ein Bewußtsein von dem Dasein dieses Gesetzes der Materie zu haben. Wird er von dem Windspiele verfolgt, so läuft er zu dem Ort, wo er Schutz sucht, nicht in gerader Linie, sondern im Zickzack. Er verwechselt plötzlich die Richtung seines Laufes und dreht sich im spitzen Winkel zur Richtung, die er verfolgte. Das Windspiel, welches unvorbereitet für diese Wendung war, und deßhalb der Bestrebug in der schnellen von ihm erlangten Bewegung zu verharren, nicht widerstehen kann, wird auf eine beträchtliche Entfernung fortgetrieben, bevor es seine Eile anhalten und zur Verfolgung zurückkehren kann. Mittlerweile aber ist der Hase in einer andern Richtung gerade aus weithin vorausgeeilt; und obgleich ein Hase weniger geschwind ist wie ein Windspiel, so entgeht er durch dies kluge Verfahren oft seinem Verfolger. Diejenigen, welche häufig bei Pferderennen waren, werden bemerkt haben, daß die Pferde weit über das Ziel hinaus fortschießen bevor ihre Eile angehalten werden kann. Dies ist ebenfalls von der Trägheit ihrer Körper abhängig.

30. Da die gemeine Erfahrung zeigt, daß die Materie sich nicht in Bewegung setzt, so könnten wir zu dem Glauben verleitet werden, daß die Ruhe der natürliche Zustand aller trägen Körper ist; allein wenige Betrachtungen werden uns zeigen, daß die Bewegung ebensowohl der natürliche Zustand ist wie Ruhe, und daß beide Zustände von dem Widerstand oder Antrieb äußerer Ursachen abhängen.

31. Wenn eine Kanonenkugel auf dem Boden gerollt wird, so wird sie bald zu rollen aufhören, weil der Boden uneben ist und der Bewegung Hindernisse darbietet; wird sie aber auf dem Eise gerollt, so wird ihre Bewegung weit länger dauern, weil sich weniger Hindernisse vorfinden; folglich wird dieselbe Kraft des Anstoßes sie viel weiter forttreiben. Wir ersehen hieraus, daß die Entfernung zu welcher die Kugel sich bewegen wird, bei demselben Antrieb von den Hindernissen, die sie antrifft, oder von dem zu überüberwältigenden Widerstande abhängen muß. Man nehme jedoch an, daß Kugel und Eis so glatt wären, daß der durch Reibung verursachte Widerstand so viel wie möglich entfernt würde, so ist es klar, daß die Kugel sich länger und auf eine größere Entfernung hin bewegen wird. Man nehme ferner an, daß man die Reibung des Eises vermeiden und die Kugel durch die Luft treiben kann; alsdann wird sie sich noch länger mit derselben Kraft, welche sie fortschleuderte, bewegen, weil die Luft allein weniger Hinderisse wie Luft und Eis darbieten, und da nichts vorhanden ist, sich ihrer fortwährenden Bewegung entgegenzusetzen, wie der Widerstand der Luft.

32. Ist die Luft aus einem Gefäße vermitelst der Luftpumpe herausgezogen oder gepumpt worden, und wird alsdann ein gewöhnlicher Kreisel mit einer kleinen harten Spitze darin in Bewegung gesetzt, so wird er sich eine beträchtliche Zeit fortdrehen, weil die Luft ihm keinen Widerstand bietet. Ein Pendel, welcher in einem luftleeren Gefäß in Bewegung gesetzt wird, setzt einen ganzen Tag lang ohne Hülfe eines Uhrwerks seine Schwingungen fort, weil nichts seiner beständigen Bewegung Widerstand leistet, als die kleine Reibung am Punkte, wo er aufgehängt ist.

33. Wir sehen also, daß der Widerstand der Luft, der Reibung und der Schwerkraft die in Bewegung gesetzten Körper zur Aufhörung der Bewegung oder zur Ruhe bringt, und daß leblose Materie an sich weder ihre Bewegung noch ihre Ruhe veranlassen kann.

Fortsetzung der Eigenschaften der Materie.

Anziehung.

34. Es ist ein von Isaak Newton bewiesenes Naturgesetz, daß jedes Atom oder Theilchen der Materie eine Neigung hat, sich einem andern Atom oder Theilchen zu nähern oder von ihm angezogen zu werden. Dies bildet einen leitenden Grundsatz der Physik. Die Erfahrung und Beobachtung beweist, daß diese Kraft gegenseitiger Anziehung alle Dinge der Materie durchdringt und obgleich sie sich nicht anders wie in den Folgen erblicken läßt, dennoch überall gegenwärtig ist; daß sie die Ursache bietet, weßhalb Theilchen der Materie aneinander hängen und feste Massen bilden; daß diese Massen in manchen Fällen eine Kugelform annehmen; daß Körper auf die Erde fallen und darauf fest stehen; daß hierin sich eine der Ursachen findet, weßhalb planetarische Himmelskörper ihre Bahnen beschreiben.

35. Die Anziehung bildet verschiedene Arten, obgleich einige allein etwas verschiedene Gestaltungen von andern sind und hat nach den Umständen, unter welcher sie wirkt, verschiedene Namen erhalten. Die Kraft, welche die Theilchen der Materie zusammenhält, um Körper oder Massen zu bilden, heißt Anziehung der Cohäsion (des Zusammenhanges). Diejenige, welche verschiedene Massen gegen einander neigt, heißt Schwerkraft (Anziehung der Gravitation); diejenige, welche Flüssigkeiten in Röhren oder in sehr eng eingeschlossenen Lagen steigen läßt, heißt Anziehung durch Haarröhren, (Capillaranziehung); diejenige, welche die Theilchen verschiedener Arten zur Vereinigung zwingt, heißt chemische Anziehung; diejenige, welche die magnetische Nadel zwingt, sich fortwährend nach den Polen der Erde zu richten, heißt magnetische Anziehung; diejenige, welche durch Reibung verschiedener Stoffe bewirkt wird, heißt elektrische Anziehung.

Anziehung der Cohäsion.

36. Die Anziehung des Zusammenhanges wirkt allein auf unmerkbare Entfernung, wenn die Theilchen der Körper sich offenbar berühren.

37. Diese Art Anziehung läßt sich als die Natureigenschaft beschreiben, welche verursacht, daß die Materie zusammenhält. In einigen Körpern ist sie stärker wie in andern. In den Metallen ist sie stärker wie in den meisten andern Körpern und in einigen Metallen stärker wie in andern. Im Allgemeinen ist sie unter den Theilchen fester

Körper am stärksten, in denen der flüssigen Körper schwächer und am wenigsten in elastischen Flüssigkeiten vorhanden, oder sie fehlt dort gänzlich z. B. in Luft und Gasen.

38. So wird ein kleiner Eisendraht ein angehängtes Gewicht von mehren Pfunden halten, ohne daß die Theilchen sich trennen; die Wassertheilchen werden durch eine sehr geringe Kraft getrennt und die der Luft bewegen sich noch leichter unter einander. Diese verschiedenen Eigenschaften hängen von der Kraft des Zusammenhanges ab, womit die verschiedenen Theilchen dieser Körper vereinigt sind.

39. Können die Theilchen eines Körpers als flüssig in der Luft schwebend erthalten werden, so werden sie sich, wenn kein anderer Körper den Einfluß der Anziehung ausübt, vermittelst desselben Gesetzes um einen Mittelpunkt ordnen und eine Kugelform annehmen. So wird eine kleine Masse Thau an der Spitze eines Dornes oder eines Blattes zum Kügelchen, weil die Anziehung der Theilchen zu ihrem Mittelpunkte in diesem Fall größer ist, als die Anziehung eines nahen Körpers. Thränen, welche die Wangen hinabfließen, Regentropfen und Hagelkörner bieten sämmtlich Beispiele dieser Neigung von freiliegenden (isolirten) Körpern die Kugelform anzunehmen. Wenn zwei Kügelchen Quecksilber mit einander in Berührung gebracht werden, so vereinigen sie sich sogleich und bilden einen Tropfen in Kugelform. Die Verfertigung von Schrot bietet ebenfalls ein auffallendes Beispiel. Das Blei wird geschmolzen und in ein Sieb ungefähr in der Höhe in 200 Fuß über dem Boden gegossen. Jeder Bleistrom trennt sich sogleich, wie er das Sieb verläßt, in kleine Kügelchen, welche, bevor sie den Boden erreichen, abgekühlt und fest werden; so wird das von Jägern gebrauchte Schrot bereitet. Um die Kugelform in diesen Fällen zu erklären, müssen wir nur beachten, daß die Theilchen der Materie von einem allgemeinen Mittelpunkt angezogen werden, und daß sie sich in Flüssigkeiten, welche sich frei bewegen können, deßhalb in bestimmter Weise anordnen.

40. In Folge dieses Naturgesetzes hält man es für wahrscheinlich, daß die planetarischen Körper mit Einschluß unserer Erde, sich ursprünglich in flüssigem Zustande befanden, daß sie in diesem Zustande nothwendig eine Kugelform annehmen mußten und alsdann erst zu ihrer gegenwärtigen Festigkeit verhärtet wurden.

Haarröhren- oder Capillaranziehung.

41. Die Kraft, womit kleine Röhren oder poröse Körper

Flüssigkeiten über deren Oberflächen erheben, heißt Haarröhren- oder Capillaranziehung (nach dem Lateinischen).

42. In einer nassen Theetasse oder in einem andern Gefäß, welches Flüssigkeiten enthält, kann man bemerken, wie die Flüssigkeit an den Seiten sich über die Fläche der andern Theile des Wasserspiegels der Oberfläche erhebt; dies geschieht durch Anziehung.

43. Bringt man zwei Glasplatten nahe an einander, so daß sie sich mit ihren Seiten beinahe berühren und taucht man alsdann die untern Enden in ein Wassergeschirr, so wird sich die Flüssigkeit zwischen den Platten erheben und die Höhe, wohin sie auffsteigt, wird um so größer sein, je mehr die Platten einander genähert sind. Das Wasser erhebt sich sehr wenig an der Außenseite der Platten, denn diese Anziehung ist sogar bei mäßig kleinen Entfernungen nicht bemerkbar. Taucht man einen Glascylinder mit einer außerordentlich kleinen oder haarartigen inneren Röhre in Wasser, so wird die Flüssigkeit in das Innere der Röhre sich erheben; je kleiner die Röhre, desto höher wird die Flüssigkeit steigen.

44. Eine große Menge poröser Körper üben diese Art Anziehung aus. Stellt man ein Stück Schwamm oder ein Stück Zucker in solcher Weise, daß die niedrigste Ecke das Wasser berührt, so wird die Flüssigkeit sich erheben und die ganze Masse benetzen. In derselben Weise wird der Docht einer Lampe das Oel hinaufziehen, um die Flamme zu ernähren, obgleich die Flamme mehre Zoll höher wie die Oberfläche des Oeles liegt.

Läßt man das Ende eines Handtuchs in einem Wasserbecken zurück, so wird dasselbe das Wasserbecken entleeren; nach demselben Grundsatz wird ein trockener hölzerner Keil, in eine Felsenspalte getrieben und nachher mit Wasser befeuchtet, ebenso, als wenn der Regen darauf fiele, das Wasser in sich aufnehmen, anschwellen und bisweilen sogar den Felsen spalten.

45. Diese Art Anziehung wird für eine der Ursachen gehalten, welche Quellen in der Erde hervorruft. Das Wasser dringt langsam durch poröse Sandlager, kleine Steine und Felsenspalten durch Capillaranziehung und erreicht in dieser Weise sogar die Oberfläche von großen Höhen. Die unteren Theile der Mauern so wie der Thon, der in Bauernhütten als Fußboden dient, werden oft auf dieser Weise feucht, indem sie die Näße aus dem Boden ziehn. Deßhalb muß man bei der Grundlegung von Häusern besonders darauf sehen, daß man allen nassen erdigen Stoff entfernt.

Chemische Anziehung.

46. Die unserer Beobachtung unmittelbar dargebotene aus Materie bestehende Welt, mit Einschluß der untersuchten Theile der Erdrinde, der Pflanzen und Thiere auf der Erde und der einhüllenden Materie, besteht aus 54 Stoffen in derselben Weise, wie alle Worte in einer Sprache sich in wenige Buchstaben auflösen lassen. Diese Stoffe, welche man bis jetzt nicht in andere theilen oder auflösen konnte, heißen einfache Körper oder Elemente der Materie. Von der frühesten Stufe der Schöpfung an scheinen sich die meisten in einem Zustand der Verbindung mit einander befunden zu haben; man trifft sie kaum in der Natur in anderer Weise an; die Schöpfung selbst scheint darin bestanden zu sein, daß sie die Verbindungen hervorrief, welche sie seitdem geäußert haben.

47. Die Materie erlitt von jeher wie jetzt, beständige Zersetzungen und neue Verbindungen; einige finden sich in ausgedehntem Maßstabe als ein Theil der regelmäßigen Naturäußerung, während andere durch den Scharfsinn des Menschen bedingt werden, um den Zwecken seiner gewöhnlichen Oekonomie zu dienen. Von den 54 einfachen Stoffen sind 6 Gase, 42 Metalle und die übrigen Körper lassen sich unter keine bestimmte Klasse bringen. Die Nachforschung der Gesetze, unter welchen diese verschiedene Elementarkörper die zahlreichen zusammengesetzten Stoffe bildeten, welche wir in der Natur sehen, und die Mittel, wodurch diese zusammengesetzten Stoffe in ihre ursprünglichen Elemente wieder aufgelöst und zu neuen Verbindungen genöthigt werden können, bilden den Gegenstand der Chemie.

48. Chemische Anziehung, einer der hauptsächlichsten chemischen Grundsätze, findet statt, wenn sich Theilchen verschiedener Art vereinigen, und wenn die so gebildeten Theilchen Eigenschaften besitzen, worin sie mehr oder weniger von den Stoffen verschieden sind, durch deren Vereinigung sie gebildet wurden. Diese Art Anziehung ist auch unter dem Namen chemischer Verwandtschaft bekannt, weil man voraussetzt, daß Theilchen von Körpern, welche eine Verwandtschaft zu einander haben, sich vereinigen werden, während diejenigen, welche keine Verwandtschaft haben, eine Vereinigung nicht leicht eingehen.

49. Man sollte beinahe vermuthen, daß die Theilchen der Materie zu einander Neigung oder Abneigung hegen. Wirft man ein Stück Marmor in Schwefelsäure, so werden die

Theilchen sich mit großer Schnelligkeit und Aufregung verbinden und ein zusammengesetzter Körper wird daraus hervorgehen, welcher in jeder Hinsicht von der Säure oder vom Marmor verschieden ist. Wenn jedoch ein Stück Glas, Quarz, Gold oder Silber in die Säure geworfen wird, so entsteht keine Veränderung, weil die Theilchen keine Verwandtschaft zu einander haben.

50. Man schüttle Sand und Wasser in einer Flasche; so bald die Bewegung aufhört, sinkt der Sand; das Wasser äußert auf ihn keine chemische Wirkung.

51. Man hänge ein Stück Kupfervitriol (ein Kupferoxyd mit Schwefelsäure und Wasser, 32 Theile Kupferoxyd, 33 Schwefelsäure und 35 Wasser) an einem Faden in ein mit Wasser gefülltes Glas. Alsdann verbinden sich die Theilchen beider Stoffe und bilden einen Strom blauer Flüssigkeit, welcher von den Punkten, wo sie sich berührten, hinabsteigt; alsdann sagt man, der feste Körper habe sich aufgelöst. Der zusammengesetzte Körper heißt eine Auflösung des festen.

52. Schwefel und Quecksilber, zusammen erhitzt, bilden einen schönen, rothen, zusammengesetzten Körper, Zinnober genannt, welcher weder die Eigenschaften des Schwefels noch des Quecksilbers hat.

33. Oel und Wasser sind nicht mit einander verwandt, aber Pottasche hat Anziehung auf beide; deßhalb wird Oel und Wasser sich vereinigen, wenn Pottasche damit vermischt ist. Auf diese Weise wird Seife gebildet. Die Pottasche hat aber noch stärkere Anziehung zu einer Säure, wie zu Oel oder Wasser; wird deßhalb Seife mit einer Säure gemischt, so verläßt die Pottasche das Oel und vereinigt sich mit der Säure; so wird die alte Zusammensetzung zerstört und eine neue gebildet. Dasselbe tritt ein, wenn die Seife in einem Wasser, welches Säure enthält, wie im Seewasser oder in gewissen Quellen, aufgelöst wird. Die Pottasche verläßt das Oel und vereinigt sich mit der Säure, indem sie das Oel fahren läßt, so daß es sich zur Oberfläche des Wassers erhebt; solches Wasser nennt man **hart** und dasselbe ist nicht gut zum Waschen wegen des oben schwimmenden Oeles.

Magnetische und elektrische Anziehung.

54. Ein gewisses Eisenerz wird an einem Faden hangend, eine Seite stets nach Norden drehen. Dies heißt der Magnet; bringt man denselben an ein Stück Eisen oder Stahl,

so tritt eine gegenseitige Anziehung ein, und die beiden Körper werden sich unter gewissen Umständen nähern und an einander hängen. Dies heißt magnetische Anziehung. Wenn ein Stück Stahl oder Eisen mit dem Magnet gerieben wird, so wird dieselbe Eigenschaft dem Stahl ertheilt und er wird andere Stücke Stahl anziehen; hängt er an einem Faden, so wird das eine Ende sich stets nach Norden wenden, während das andere deßhalb gegen Süden zeigt. Dies ist ein künstlicher Magnet. Die Magnetnadel ist ein Stück Stahl, welches zuerst vom Magnet berührt und dann aufgehängt ist, so daß es sich leicht nach einer Richtung dreht. Vermittelst dieses Instrumentes (Compaß) kann der Schiffer sein Fahrzeug durch den Ocean leiten.

55. Die ganze Natur scheint von einem geheimnißvollen Einfluß durchdrungen zu sein, welcher den Namen Elektricität führt, weil die Alten glaubten, derselbe habe ausschließlich im Bernstein (griechisch Electron) seinen Sitz.

56. Im gewöhnlichen Zustand ist die Elektricität unsichtbar; wird sie aber erregt, so erscheint sie als eine glänzende und feine Flüssigkeit. Bisweilen wird sie in der Atmosphäre unter furchtbarer Form erregt; sie kann aber auch in geringerer Ausdehnung durch mechanische Mittel erzeugt werden, hauptsächlich wenn man Glas, Bernstein, Seide und einige andere Körper an einander reibt.

57. Wird ein Stück Glas oder Siegellack mit der trockenen Hand oder einem Stück Tuch gerieben, und alsdann gegen einen leichten Körper wie Haar oder Faden gehalten, so wird der leichte Körper angezogen und wird sich auf einen Augenblick an das Glas oder Siegellack hängen. Der Einfluß, welcher so den leichten Körper bewegt, heißt elektrische Anziehung. Hat sich der leichte Körper an das Glas einen Augenblick gehängt, so wird er wieder fortgeworfen oder zurückgestoßen, und dies heißt elektrische Abstoßung.

58. Ihrer Natur nach bleibt die Elektricität in einem Zustande des Gleichgewichts bei allen Körpern; wenn ein Körper zufällig mehr hat, als sein natürliches Verhältniß erheischt, während ein anderer weniger besitzt, so findet sich im Uebermaß des einen Körpers, wenn er genug nahe ist, eine Neigung, sich dem andern zu übertragen, um den Mangel desselben auszugleichen.

59. Die Elektricität ist die Ursache der Erscheinung des Donners und Blitzes. In besondern Zuständen der Atmosphäre, am meisten bei heißem Wetter, wird das Gleichgewicht der Elektricität zwischen den Wolken oder zwischen

Atmosphäre und Erde leicht gestört. Wenn eine Wolke, die ein Uebermaß enthält, zu einer andern angezogen wird, die zu wenig geladen ist — mit andern Worten, wenn eine positiv mit Elektricität geladene Wolke einer negativ geladenen sich nähert — so stürzt der Ueberschuß in der Form des Blitzes von einer zur andern mit einem bedeutenden Getöse.

Anziehung der Schwerkraft.

60. Wie die Anziehung des Zusammenhanges die Theilchen der Materie in Massen oder Körper vereinigt, so strebt die Anziehung der Schwere dahin, diese Massen auf einander zu drängen, um andere Massen von größerem Umfange zu bilden.

61. Die Kraft der Anziehung steigt im Verhältniß, wie Körper sich einander nähern, und muß sich nach demselben Verhältniß vermindern, so wie sie sich von einander entfernen.

62. Die Anziehung steht in umgekehrtem Verhältniß wie die Quadrate der Entfernungen zwischen zwei Körpern, d. h. im Verhältniß wie das Quadrat steigt, vermindert sich die Anziehung, und umgekehrt. Ist z. B. die Anziehung in der Entfernung von 2 Fuß gleich 4 Pfund, so ist sie in der Entfernung von 4 Fuß nur 1 Pf., denn das Quadrat von 2 ist 4 und von 4 16, welches 4mal das Quadrat von 2 ist. Im Gegentheil, beträgt die Anziehung der Entfernung auf 6 Fuß 3 Pf., wird sie bei der Entfernung von 2 Fuß 9mal so viel oder 27 Pf. betragen, weil 36 das Quadrat von 6 gleich ist 9mal 4 dem Quadrat von 2.

63. Die Kraft des Lichtes vermehrt und vermindert sich in demselben Verhältniß. Wenn ein Brett von 1 Quadratfuß in der Entfernung von 1 Fuß an eine Lichtkerze gestellt wird, so wird es das Licht vor einem anderen Brette von 2 Quadratfuß in der Entfernung von 2 Fuß von der Lichtkerze verbergen. Nun aber ist ein Brett von 2 Quadratfuß 4mal so groß wie ein Brett von 1 Quadratfuß, und deßhalb hat das Licht, welches in doppelter Entfernung über 4mal die Oberfläche verbreitet wird, nur 1 Viertel seiner Stärke.

64. Die allmählige Verminderung der Anziehung, bei Vermehrung der Entfernung, ist in beiliegender Tafel erläutert. In der obern Linie ist die Entfernung durch zunehmende Zahlen ausgedrückt; in der untern Linie ist die entsprechende Verminderung der Anziehung mit gewöhnlichen arithmetischen Brüchen angegeben.

Entfernung	1	2	3	4	5	6	7	8	u. s. w.
Anziehung	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{49}$	$\frac{1}{64}$	u. s. w.

Hier sieht man, daß die Anziehungskraft in der Entfernung von 8 um $\frac{1}{64}$ von dem vermindert ist, was sie bei 1 war.

65. Die Anziehungskraft der Materie steht auch im Verhältniß zu den Zahlen der Atome die ein Körper enthält; die Anziehung geht deßhalb nicht von der bloßen Oberfläche des Körpers aus, sondern vom Inbegriff aller ihn bildenden Theilchen.

66 Einige Körper derselben Masse enthalten eine weit größere Masse von Materie wie andere; so enthält ein Stück Blei ungefähr 12mal so viel Materie wie ein Stück Kork desselben Umfangs, und deßhalb wird ein Stück Blei von einer gegeben Größe, und ein 12mal so großes Stück Kork einander in gleicher Weise anziehen.

67. Die Anziehungskraft einer Masse wirkt vom Mittelpunkt aus. Auf allen gleichen Entfernungen vom Mittelpunkt ist die Anziehungskraft gleich; z. B. in einem vollkommenen kugelförmigen Körper wird die Anziehungskraft zum Mittelpunkt auf allen Theilen der Oberfläche dieselbe sein. Die Entfernung vom Mittelpunkt einer Kugel bis zur Oberfläche, heißt der Halbmesser dieser Kugel, d. h. die Hälfte ihrer Dicke. An einem Punkte, der von der Oberfläche einer Kugel so entfernt ist, wie deren Halbmesser, ist die Anziehungskraft um $\frac{1}{4}$ vermindert. Auf 3 Entfernungen ist die Anziehungskraft $\frac{1}{9}$, bei 4 $\frac{1}{16}$ u. s. w. Wünschen wir deßhalb den Betrag der Anziehung, den eine Masse Materie auf die andere äußert, zu erfahren, so muß man nachsuchen, auf wie viel Halbmesser der einen die andere davon entfernt ist, und alsdann die Zahl mit sich selbst multiplizieren. Das Resultat zeigt, wie vielmal die Anziehung in dieser Entfernung geringer ist, wie auf der Oberfläche der ersten. Der Mond z. B. ist in der mittleren Entfernung 51,570 Meilen von der Erde entfernt, oder ungefähr so viel wie 60 Halbmesser der Erde; 60 mit 60 multiplizirt gibt 3600, also ist die Anziehungskraft der Erde auf den Mond $\frac{1}{3600}$ derjenigen, welche sie auf dieselbe Masse an ihrer eigenen Fläche ausüben würde.

68. Wäre die Erde ein vollkommener runder Körper, so würde ihre Anziehung überall auf der Fläche des Meeres gleich sein. Da die Oberfläche des Poles ungefähr 7 Meilen dem Mittelpunkt näher ist, als die Oberfläche am Aequator, so ist die Anziehung an ersterem Orte stärker

als an letzterem; sie wird beträchtlich schwächer, je mehr wir uns dem Aequator nähern, weil sich die Entfernung vom Mittelpunkt vermehrt; deßhalb ist eine Masse Eisen, die in Großbritannien für 1 Pf. gilt, geringer wie 1 Pf. auf den Küsten von Guinea und mehr als 1 Pf. in Grönland, denn das Gewicht ist nur eine Folge der Anziehung. Besteigen wir einen Berg, so geschieht dasselbe, wie wenn wir gegen den Aequator näher kämen; wir entfernen uns immer mehr von dem Mittelpunkt der Anziehung, und folglich wird das Gewicht leichter. An der Spitze eines Berges von etwa einer Meile Höhe wird eine Kugel von 4000 Pf. Gewicht etwa um 2 Pf. leichter sein.

69. Druck nach unten oder Gewicht heißt mit dem Ausdruck der Physik Schwere, und wird unter diesem Namen hier behandelt werden, zugleich mit den Erscheinungen fallender Körper.

70. In der Reihe großer Kugeln, welche das Sonnensystem bilden, ist die Sonne ein Centralkörper ungeheurer Größe, während die Planeten verhältnißmäßig kleine Körper sind, welche sie in verschiedenen Entfernungen umkreisen. Legen wir einen Stein in eine Schleuder und drehen wir denselben herum, so wird der Stein, im Fall wir die Schnur loslassen, eine Neigung haben, in gerader Linie fort zu fliegen. Dies heißt Centrifugalkraft, d. h. eine Kraft, welche so wirkt, daß ein Körper von einem Mittelpunkte fliegt. Als die Planeten ihren ersten Antrieb erhielten, hatten sie dieselbe Neigung wie ein Stein in einer Schleuder in gerader Linie in dem Weltraum fortzufliegen; in dem Fall wären sie nie zum Anhalt gekommen, wenn sie nicht unter die Anziehungskraft eines Körpers von genügender Masse gerathen wären. Während sie so angetrieben wurden, von der Sonne wegzufliegen, gelangten sie auch unter den Einfluß der Anziehung derselben, welcher in diesem Fall Centripetalkraft heißt, d. h. die Kraft, welche eine Masse antreibt, auf einen Mittelpunkt sich hinzubewegen. Da sie nun durch ihre ursprüngliche Bewegung von der Sonne weggeführt und andererseits durch deren Anziehung herbeigezogen wurden, so nahmen sie gleichsam einen mittleren Lauf an, d. h. sie begannen die Sonne auf mittlere Entfernungen zu umkreisen, welche sich für ihre eigene Geschwindigkeit und die Anziehungskraft der Sonne eigneten. Dieselben Gesetze veranlaßten, daß die Trabanten in gewissen Entfernungen die Planeten umkreisen.

71. Die Anziehung der Körper ist gegenseitig und steht

im Verhältniß der Masse von Materie, welche sie enthalten. Deßhalb äußert jeder Körper, so klein er auch sein mag, irgend einen Grad der Anziehung auf die Masse der Erde. Jeder Körper aber, der unmittelbar sich von unsern Sinnen bemerken läßt, ist so klein im Verhältniß zur Erde, daß seine Anziehungskraft sich gar nicht angeben läßt; wäre der Körper aber von großer Dichtigkeit, und näherte sich sein Umfang dem der Erde, so würde sich die Erde erheben, um dem Körper zu begegnen oder auf den Körper hinfallen. Die Himmelskörper, wenn sie einander nähern, werden aus der Linie ihrer Bahn durch gegenseitige Anziehung gezogen.

72. Man hat durch Erfahrung erkannt, daß ein Senkblei, welches in der Nähe eines hohen Berges aufgehängt wird, durch Anziehung des Berges von der senkrechten Linie merkbar abweicht.

73. Die gegenseitige Anziehung der Materie wird durch die Verminderung des Gewichtes von Körpern bewiesen, wenn wir in das Innere der Erde dringen. In der Tiefe einer Viertelmeile wird ein Körper von 1 Pf. Gewicht leichter sein wie an der Oberfläche. Dies geschieht in Folge dessen, daß die Anziehung der Materie in der Erdrinde, welche außerhalb des Punktes liegt, verloren geht, weil die Anziehung ihrer Theilchen auf diesem Punkte einander entgegen wirkt; die einzig wirksame Anziehung entsteht nur aus dem kleineren Umfang der Kugel unter dem Punkte; deßhalb ist, je näher ein Körper sich dem Mittelpunkt befindet, die Kugel unter ihm kleiner, und desto geringer ist die Anziehung auf dem Punkte.

74. Könnten wir zum Mittelpunkt der Erde vordringen, so würden wir finden, daß die Schwere dort gänzlich aufhört, weil die Anziehungskraft an allen Seiten gleich sein würde. Befände sich dort eine Höhlung, so müßte der Körper im Raum hängen bleiben.

75. Die Anziehung der Erdmasse vollbringt die wichtige Verrichtung, daß sie die Atmosphäre, eine die Oberfläche unserer Planeten umgebende Flüssigkeit fest hält, und die Luft in jede offene Spalte und Pore der Körper auf der Oberfläche der Erdkugel eindringen läßt. Die Anziehungskraft bewirkt in dieser Hinsicht den atmosphärischen Druck, indem die Luft von einer ungefähr 15 Pfund gleichen Kraft auf den Quadratzoll bis zur Oberfläche des Meeres niedergezogen wird, eine Kraft, die sich ebenso wie die Luft im Verhältniß vermindert, wie man sich über

diese Fläche erhebt. Der Grad des atmosphärischen Druckes bei gegebener Höhe läßt sich durch ein Instrument, Barometer genannt, erkennen, welches aus einer Quecksilbersäule in einer Röhre besteht; durch den Druck der Luft auf das Quecksilber läßt sich die Höhe über der Fläche des Meeres beurtheilen.*

76. Atmosphärischer Druck ist also das Ergebniß der Anziehung und bringt als solches verschiedene Naturerscheinungen hervor. Man kann durch künstliche Mittel die Luft aus einem verschlossenen Gefäße herausziehen, wie im Fall der Luftpumpe und ihres Recipienten, so daß man einen luftleeren Raum oder eine beinahe gänzliche Abwesenheit der Luft und ihres Druckes hervorbringt; es ist aber nicht möglich, die Anziehung der Schwere in irgend einer Weise zu vermindern, welche eine der Materie als unzerstörbar einwohnenede Eigenschaft bildet.

77. Einzelne Körper scheinen keine Anziehung zu erleiden; z. B. Rauch und Dampf steigt, anstatt auf den Boden zu fallen; in allen solchen Fällen ist jedoch Anziehung vorhanden. Rauch besteht hauptsächlich aus verdichtetem Dunst und kleinen Theilchen Ruß und wird durch den Antrieb eines sich erhebenden Luftstromes gehoben, welcher wärmer und deßhalb leichter ist, wie die ihn umringende Atmosphäre. Die rußigen Theile steigen bald hinab und die Dunsttheile werden gewöhnlich von der Atmosphäre aufgenommen und unsichtbar, weil sie eine durchsichtige Auflösung bilden.

Die Abstoßung in der Materie — Wärme.**

78. Während die Anziehung die Theilchen der Materie zu vereinigen und zusammenzudrücken strebt, findet sich ein anderes und gleich allgemeines Princip, welches im gewöhnlichen Leben Wärme genannt wird, dessen Streben darauf gerichtet ist, die Theilchen der Materie auf einem gewissen Grade der Ausdehnung zu erhalten. In wissenschaftlichen Werken nennt man diese Wärme oft den Wärmestoff.

79. Die Wärme durchdringt alle Dinge, einige in größerem Maße wie andere. Sogar das Eis enthält einen gewissen Theil Wärme. Ueberhaupt gibt es kein Ding in der Natur, welches unbedingt kalt wäre, die uns kalt erscheinenden Dinge haben allein einen niedrigen Wärmegrad.

* Siehe Pneumatik.

** Die Wirkungen und Eigenschaften der Wärme bilden einen Zweig des Wissens, den man nach dem Griechischen bisweilen Pyronomik heißt.

80. Die Natur dieses allgemeinen Princips ist unbekannt. Wir kennen es allein durch seine Wirkungen und durch die von ihm erzeugten Empfindungen. Einige haben vermuthet, es sei eine Flüssigkeit; Andere halten es für eine Eigenschaft oder für einen Zustand der Materie, welcher aus elektrischer Wirksamkeit entsteht. Weil sie keinen merkbaren Unterschied in der Schwere eines Stoffes hervorbringt, so nennt man Wärme einen unwägbaren Körper.

81. Wenn die Wärme eines besondern Körpers, wie Eis, Stein oder Holz nicht von uns bemerkt werden kann, so nennt man sie latente, d. h. verborgene oder gebundene Wärme. Wir können ihre Gegenwart in einem Stück Holz oder Metall leicht entdecken, wenn wir dasselbe reiben. Wird ein Metallknopf z. B. auf einem Tisch gerieben, so wird er bald so heiß, daß man ihn nicht mit den Fingern halten kann. In gleicher Weise wird die Achse eines Wagenrades bald erhitzt, wenn die Reibung nicht durch Einschmierung von Theer u. s. w. verhindert wird.

82. Die Wärme wird in ihrer äußersten Form zum Feuer. Wird ein ungeschmiertes Rad lange Zeit schnell auf seiner Achse gedreht, so wird so viel Hitze erregt werden, daß Rad und Achse sich entzünden. Die Wirkungen starker Reibungen sind vielen Völkern bekannt, bei denen es gewöhnlich ist, durch Zusammenreibung zweier Stücke Holz, Feuer hervorzubringen.

83. Zwei Stück Feuerstein, oder Feuerstein und Eisen, heftig zusammengeschlagen, erzeugen Feuerfunken. Dadurch lassen sich manche wichtige Zwecke erreichen, z. B. die Entladung von Feuerwaffen. Das Feuer läßt sich auch aus der gewöhnlichen Atmosphäre entwickeln, indem man eine Masse derselben plötzlich in eine Röhre drängt, nachdem man ein Stück Zunder auf den Boden gelegt hat.

84. Die dadurch und durch andere Mittel erzeugte Entwicklung der Wärme, hat zum Schluß geführt, daß die Wärme ein mit den Atomen der Materie vermischtes Element ist, welches dazu dient, sie in geringerer oder größerer Entfernung von einander zu halten. Wie wir die Poren eines Schwammes zusammen drücken und die Flüssigkeit, welche jene im Zusammenhang hielten, frei machen, so machen wir, wenn wir einen Theil der Materie drücken oder reiben, die Wärme frei, welche dieselbe in ihren Atomen zurückhielt.

85. In allen Fällen der Wärmeentwicklung durch Druck, Hämmern und Reibung, liegt der Grund in dem Zusammenpressen der Atome, welche durch die verborgene oder

gebundene Flüssigkeit von einander gehalten waren, worauf die Flüssigkeit nothwendig hervorkommen und sich fühlbar oder bemerkbar machen muß.

Abstoßung als Eigenschaft der Wärme.

86. Die Wärme also ist die Grundlage der Abstoßung in der Natur und in dieser Eigenschaft sind ihre Folgen eben so offenbar wie die der Schwere der Erde, welcher sie offenbar das Gegengewicht hält. Die Kraft der Anziehung ist so gewaltig, daß alle Körper ohne die Gegenwirkung der Abstoßung zu der engsten Berührung gelangen würden; weder Luft noch Wasser, noch Pflanzen-, noch Thierleben könnte vorhanden sein; Alles würde eine einförmige, todte, feste Masse bilden und die Erde selbst würde sich auf einen kleinen Theil ihrer gegenwärtigen Masse vermindern.

Eigenschaft der Wärme, die Körper verschieden zu gestalten.

87. Die Wärme, indem sie alle Dinge durchdringt, bedingt die Anziehung und bestimmt dadurch die Dichtigkeit oder Festigkeit der Körper; deßhalb besitzen wir in der Natur eine schöne Mannigfaltigkeit der Körper; einige sind fest und hart, wie Stein und Marmor, andere weich, wie Gallert; eine dritte Klasse ist flüssig, wie Wasser, eine vierte luftförmig oder gasartg. Die Wärme dehnt die meisten Körper im Verhältniß wie ihr Betrag sich steigert aus, und dieselben werden fest im Verhältniß wie die Wärme ihnen entzogen wird. So läßt sich Wasser in die Form von Dampf oder Dunst ausdehnen, oder sich zum Eise verhärten. Nach Entziehung der Wärme tritt der Vorgang der Abkühlung ein. Kälte ist ein Zustand der Wärmeentziehung, oder eine verhältnißmäßige Abwesenheit der Wärme.

Leitung der Wärme.

88. Wärme wird durch Leitung und Ausstrahlung mitgetheilt. Geht sie langsam von einem Theile der Materie zum andern durch Berührung über, so wird sie geleitet und der Vorgang heißt Wärmeleitung. Metalle sind die besten Leiter; alsdann kommen Flüssigkeiten und zuletzt Gase. Gold, Silber und Kupfer sind die besten Leiter unter festen Körpern; Glas, Ziegel und andere steinige Körper sind sehr schlechte Leiter; poröse, schwammige Körper, wie Kohle, Haar und Pelz, sind die schlechtesten.

89. Kleider werden gewöhnlich aus schlechten Wärmeleitern verfertigt, damit die Wärme des Körpers der um-

gebenden Luft nicht schnell mitgetheilt wird. Oefen, wenn sehr große Hitze erheischt wird, werden aus porösen Ziegeln erbaut, welche das Entweichen der Wärme wirksam verhindern, und das Feuer den umliegenden Körpern nicht leicht mittheilen.

Ausstrahlung der Wärme.

90. Ausstrahlung der Wärme findet sich, wenn sie von einem Feuer oder von den Sonnenstrahlen entsandt wird und auf die Atmosphäre oder die Körper in Entfernung von ihrer Quelle Einfluß übt. Ausgestrahlte Wärme wird aufgenommen, wenn sie auf Körper mit farbigen oder rauhen Oberflächen fällt, z. B. von vielen Arten der Steine, von zahlreichen Thier- und Pflanzenstoffen, welche durch die Aufnahme wärmer werden. Allein glänzende und geglättete metallische Oberflächen nehmen nur sehr wenig Wärme auf; sie werfen dieselbe wieder zurück.

Erzeugung der Wärme.

91. Die Wärme, wie schon erwähnt, kann durch Stoß und Reibung in den meisten Körpern zur Wirksamkeit gebracht werden. Sie wird durch Verbrennung entzündbarer Stoffe, wie Kohle und Holz hervorgebracht, und hiedurch werden die meisten Zwecke häuslicher Oekonomie erreicht. Die bemerkenswertheste Quelle der Wärme aber ist die Sonne, obgleich es noch ungewiß ist, ob dieser Lichtkörper aus einer brennenden Masse besteht, welche die Wärme wie ein Feuer oder eine rothglühende Kugel ausstrahlt, oder ob er die Wirkung durch einen besondern und unbekannten Vorgang hervorbringt.

92. Außer der Hervorbringung der Wärme durch Sonnenstrahlen, Reibung und Verbrennung lebloser Körper wird die Wärme auch durch irgend eine chemische Wirkung entwickelt, wovon z. B. die Gährung ein allbekanntes Beispiel bietet. Vermittelst einer natürlichen chemischen Wirksamkeit, welche mit dem Umlauf des Blutes in Verbindung steht, wird die Wärme als bleibend in thierischen Stoffen erhalten. Ein Hinderniß des Blutumlaufs führt, wie Jedermann weiß, zur Abwesenheit thierischer Wärme und zu einem beträchtlichen Grad von Kälte. Im Gegentheil erzeugt schneller Umlauf und thätige Muskelbewegung die Wärme eben so wohl wie Reibung. In dieser Bewegung und Reibung scheint die Wärme in bedeutendem Maß durch die augenblickliche Zusammendrückung der Theile bewirkt zu sein.

Allgemeine Verbreitung der Wärme.

93. Wärme ist in ungleicher Weise über den Erdkreis verbreitet. Unter dem Aequator und in dessen Nähe, wo die Sonnenstrahlen uns am meisten in gerader Richtung entsandt werden, ist die größte Wärme vorherrschend. In den Theilen der Erde, welche dem Nord- und Südpol am nächsten liegen, entsendet sie ihre Strahlen in so schiefer Richtung, daß diese nur wenig Gewalt üben; dort ist somit die Luft selten von angenehmer Milde. Je höher wir steigen, desto kälter wird die Luft; die Gipfel sehr hoher Berge sind stets mit Schnee bedeckt; dringt man in den Körper der Erde, so wird die Wärme, nachdem man eine gewisse Tiefe erreicht hat, im Verhältniß des Herabsteigens größer. Das Innere der Erde wird von Manchen als im Zustande größter Erhitzung wo nicht der Glut angenommen. Auf der Oberfläche äußern große Ausdehnungen des Meeres eine Gleichmachung und Milderung der Wärme und Kälte in ihrer Nähe; große Ausdehnungen vom Festland äußern die entgegengesetzte Wirkung.

Temperatur — Thermometer.

94. Die Grade der Wärme und Kälte in der Atmosphäre heißen deren Temperatur; um dieselbe auf ein bestimmtes Maß zurückzuführen, hat man ein sehr sinnreich erdachtes Instrument erfunden; dies ist der Thermometer (nach dem Griechischen) oder Wärmemesser. Er besteht in einer Glasröhre mit einer hohlen Kugel am Boden, welche mit Quecksilber gefüllt ist; an der Röhre befindet sich eine Gradabtheilung, um das Steigen des Quecksilbers anzugeben. Dieses Instrument ist von dem Barometer dadurch verschieden, daß sein Quecksilber gegen die Berührung der Luft eng verschlossen ist. Die atmosphärische Wärme aber übt auf die metallische Flüssigkeit in der Kugel und bewirkt durch ihre Wärme deren Ausdehnung und Steigen. Der Temperaturzustand ist durch die Zeichen angegeben, auf welche das Quecksilber steigt.

95. Der Fahrenheit'sche Thermometer hat eine Gradabtheilung von Nr. 1 nahe an der Kugel bis 212, dem Wärmegrad des kochenden Wassers. In der Gradabtheilung ist 32 als Gefrierpunkt bemerkt, d. h. wenn das Quecksilber auf der Höhe von 32 steht, so gefriert das Wasser; je mehr es unter dem Punkte steht, desto stärker ist der Frost. 55 gilt als mäßige Wärme, 76 als Sommerhitze in den Ländern

mit gemäßigtem Klima, 98 ist die Blutwärme bei lebenden Menschen.*

96. Das Steigen des Quecksilbers in der Thermometerröhre bietet ein bekanntes Beispiel von der Abstoßungskraft der Wärme in Ausdehnung oder Erweiterung der Körper. Die gewöhnliche Erfahrung bietet mehre solcher Beispiele. Eine Eisenstange ist länger und dicker, wenn sie heiß, als wenn sie abgekühlt ist. Der eiserne Rand eines Rades gleitet leicht auf seinem Platze, so lange er heiß ist, und klammert sich fest, sobald er kühl wird. Von 32—212 Grad erwärmt, dehnt sich die Luft um $^3/_8$ ihres Umfangs, Alkohol um $^1/_9$, Wasser um $^1/_{22}$ und gehämmertes Eisen um $^1/_{273}$ aus. In diesen und ähnlichen Beispielen entsteht die Ausdehnung von der Flüssigkeit der Wärme, die sich in den Atomen der Wärme befindet und nach außen auf alle Seiten hin drückt, je nachdem sie erregt wurde.

Abstoßungskraft. — Kochendes Wasser.

97. Die Abstoßungskraft der Wärme wird am auffallendsten durch die Verpuffung des Schießpulvers bewiesen. Die Theilchen des Pulvers, so wie sie entzündet werden und die Luftform annehmen, werden mit einer Kraft zurückgetrieben oder abgestoßen, welche genügt, um die schwersten Körper zu heben und eine Kugel auf die Entfernung einer Stunde fortzutreiben.

98. Die Abstoßungskraft der Wärme ist auch in dem Fall des kochenden Wassers erkennbar. Wird Wasser in einem Geschirr auf ein Feuer gestellt, so werden seine Theilchen allmählig erwärmt. Die dem Feuer am nächsten befindlichen werden zuerst erwärmt; da sie alsdann

* Verschiedene Völker haben verschiedene Abstufungen in der Gradabtheilung des Thermometers, welches eine häufige Quelle von Irrthümern und Verwirrung bei der Abschätzung und Vergleichung der Temperaturangebung in verschiedenen Ländern abgibt. Die Engländer ziehen den Fahrenheitschen Thermometer vor; in Deutschland braucht man den Reaumürschen, in Frankreich gegenwärtig hauptsachlich den hundertheiligen. In dem hunderttheiligen Thermometer der Franzosen ist 0 der Gefrierpunkt 100 der Siedepunkt; im Reaumur'schen ist 0 der Gefrierpunkt, 80 der Siedepunkt. Jeder Grad Reaumur ist gleich $2^1/_4$ Fahrenheit. Man glaubte früher, daß die größte Kälte die Flüssigkeit im Thermometer nur auf 32 Grad unter den Gefrierpunkt sinken lasse; dieser Theil wurde als Null bezeichnet und deßhalb hörte dort die Gradabtheilung auf. Allein größere Kältegrade sind auf verschiedenen Theilen der Erde im Winter vorhanden und lassen sich auch künstlich hervorbringen, so daß die Flüssigkeit im Thermometer noch unter den Punkt fällt, wo man sagt, sie befinde sich unter Null. Die gewöhnlichen Thermometer aber haben keine weitere Abtheilung wie Null.

ausgedehnter oder leichter sind, werden sie auf die Oberfläche hingetrieben oder abgestoßen, während die kälteren und schwereren Theilchen zu Boden sinken und ihrerseits erwärmt werden. Auf diese Weise nimmt die Erwärmung ihren Fortgang, bis alle Theilchen von gleichförmiger Temperatur sind. Es findet sich aber eine Grenze, über welche hinaus sie in gewöhnlichen Umständen nicht erwärmt werden können. Diese findet sich, so wie das Wasser kocht, und wird durch die Blasenwerfung angezeigt. Das Kochen tritt, wie erwähnt, ein, wenn das Wasser 212 Grad erreicht hat. Die Natur hat bestimmt, daß Wasser durch fortgesetztes Kochen nicht wärmer wird, indem die Anwendung der Wärme nach Erreichung dieses Punktes auf die Verwandlung der Flüssigkeit in Dunst oder Dampf verbraucht wird. Deßhalb ist es nicht zweckmäßig, einen Stoff schnell zu kochen, welcher nur einer Temperatur des Siedens ausgesetzt werden muß, da alle in Hervorbringung des Dampfes verbrauchte Wärme eine nutzlose Verschwendung der Feuerung veranlassen muß.

99. Die Temperatur von 212 worauf das Wasser kocht wird allein erreicht, wenn der gewöhnliche atmosphärische Druck darauf Einfluß übt. Wird der Druck vermindert, oder durch die Luftpumpe gänzlich entfernt, so wird das Wasser kochen und in der Gestalt von Dunst bei einer weit niedrigeren Temperatur entweichen. Auf dem Gipfel hoher Berge, wo der Druck der Atmosphäre geringer ist, wie auf der gewöhnlichen Oberfläche des Meeres, kocht das Wasser bei weniger wie 212 Grad. So kocht es auf dem Gipfel des Montblanc, der höchsten Alpenspitze, welche 15,666 Fuß über der Oberfläche des Mittelmeeres liegt, bei 187 oder bei 25 Grad unter dem gewöhnlichen Siedepunkt.

100. Ein interessanter Versuch läßt sich in der Absicht ausführen, das Wasser unter dem Einfluß eines leichten Druckes zu kochen. Man nehme ein dünnes Geschirr, welches eine Quantität Wasser enthält; man halte dasselbe, bis das Wasser kocht, verschließe es schnell und sicher, und entferne es von der Flamme, so daß es sich abkühlt. Es hört zuerst auf zu kochen, aber der Dampf wird sich verdichten und so einen leeren Raum bilden. Dadurch ist der atmosphärische Druck theilweise entfernt, und das Wasser wird wieder zu kochen anfangen. Gießt man kaltes Wasser auf das Geschirr, so wird der leere Raum noch größer und das Kochen noch heftiger werden. Gießt man

alsdann kochendes Wasser auf das Geschirr, so wird der Dampf wieder aufsteigen und den luftleeren Raum ausfüllen, so daß der ursprünglich vorhandene Druck wieder eintritt, und in Folge dessen das Kochen aufhört, welches man durch eine zweite Anwendung kalten Wassers wieder eintreten lassen kann.

Verdampfungspunkt. — Dampf.

101. Verschiedene Flüssigkeiten erreichen den Siede- oder Verdampfungspunkt bei verschiedenen Temperaturgraden. Aether wird Dunst oder Dampf bei 104 Graden, Alkohol bei 175, Wasser bei 212 und Quecksilber bei 692.

102. Dampf ist durchsichtig, farblos und unsichtbar wie die Luft. Der weiße wolkenähnliche Stoff, welcher in der Form von Dunst entsendet wird, ist die durch theilweise Verdichtung des Dampfes in der Atmosphäre bewirkte Feuchtigkeit. Ein Kubikzoll Wasser bringt beinahe genau einen Kubikfuß Dampf hervor oder 1728 Kubikzoll. Im Verhältniß wie wir die den Dampf erzeugende Hitze steigern und ihn nicht entweichen lassen, wird seine Abstoßungskraft noch augenscheinlicher. Dampf wird die stärksten Gefäße, worin man ihn erzeugte oder verschloß, zersprengen. Wenn die Kraft, womit er sich ausdehnt, sorgfältig geordnet wird, so daß sie Bewegung von Maschinen erzeugt, so bildet er die wirksamste Maschine, die man erfunden hat, nämlich die Dampfmaschine.

103. Wird Dampf der Kälte ausgesetzt, so verdichtet er sich zu Wasser, und läßt alle Wärme, wodurch er hervorgebracht wurde, fahren; daher die starke Verbrühung, die er auf den Körper hervorbringt.

104. Destillation besteht in der Hervorbringung von Dampf durch Wärme. Die Alkoholtheilchen der Flüssigkeit werden dadurch fortgeführt und wieder verdichtet, nachdem sie durch eine in kaltes Wasser getauchte Röhre hindurchgegangen sind.

Freiwillige Verdunstung.

105. Freiwillige Verdunstung ist der gewöhnliche Ausdruck für Dunst oder Dampf, welcher langsam durch eine Flüssigkeit ohne Kochung hervorgebracht wird, z. B. wenn Wasser von irgend einer nassen Oberfläche verschwindet. Verdunstung ist in geringerem oder höherem Grade auf der ganzen Erde fortwährend wirksam. Das Meer, Seen, Flüsse, Felder lassen Wasser in unsichtbarer Form in die

Atmosphäre entweichen; Pflanzen wie Thiere geben ebenfalls Ausdünstungen ab.

106. Die Atmosphäre ist somit der große Behälter für die Feuchtigkeit der Erde. Wenn die Temperatur der Luft hoch ist, so läßt sich Feuchtigkeit im Allgemeinen nicht in der Nähe des Bodens bemerken. Wenn aber die Temperatur niedrig ist, so wird die Atmosphäre dumpf und feucht und ist in diesem Zustande ungesund. Bisweilen wird die Feuchtigkeit so groß, daß Wassertheilchen in der Atmosphäre sich als Dunst oder Nebel wahrnehmen lassen. Während der Nacht, wenn die Pflanzen die am Tage angesammelte Wärme fahren lassen, verdichtet sich die Nässe der Atmosphäre auf ihnen in Form des Thaues, welcher in kalten Nächten zum Reife wird. Wenn Wasserdünste sich hoch in die Atmosphäre erheben, oder dort sich bilden, erhalten sie den Namen Wolken.

107. Unsichtbarer Dampf oder Dunst, welcher sich fortwährend aus den Poren in der Haut lebender Thiere erhebt und als Athem von den Lungen ausgestoßen wird, verdichtet sich zu Flüssigkeit an den Fenstergläsern und an den Mauern der Gebäude. Dies tritt jedoch nur dann ein, wenn die Mauern verhältnißmäßig kalt sind und wenn die äußere auf das Glas einwirkende Atmosphäre kälter ist, wie die innere; im Verhältniß zur äußeren Kälte ist die Verdichtung und Niederschlagung der Flüssigkeit um so größer.

Frost. — Gefrierpunkt.

108. Wenn die Temperatur der Atmosphäre unter den Gefrierpunkt 32 sinkt, welches hauptsächlich durch Schwäche der Sonnenstrahlen im Winter geschieht, so erfolgt die Erscheinung des Frostes oder Gefrierens. Das Gefrieren ist ein Gerinnen oder vielmehr eine Krystallbildung, welche durch Entziehung der Wärme vor sich geht und wodurch Wasser die Form von Eis annimmt. Wenn die Temperatur der Atmosphäre sich über den Gefrierpunkt erhebt, so schmilzt das Eis und wird in den früheren Körper wieder aufgelöst.

109. Wenn die Temperatur der Atmosphäre unter dem Gefrierpunkt steht, so gefrieren die Wassertheilchen, welche in den Wolken gehalten werden, während ihres Herabsinkens und erreichen die Erde in Form der Schneeflocken. Findet sich dieses Gefrieren, nachdem die Theilchen sich zu Regentropfen vereinigt haben, so erhalten wir Hagel anstatt des

Schnees. Wenn die herabsinkenden Schneeflocken in eine Temperatur über dem Gefrierpunkt bei ihrer Annäherung an die Erde gerathen, so sind sie geneigt zu schmelzen und fallen alsdann in der Form von Graupeln oder als halbgeschmolzener Schnee oder Hagel.

Gleichgewicht von Wärme und Kälte.

110. Wärme hat stets eine Neigung, unter allen Lagen das Gleichgewicht zu bewahren; daher ihre allgemeine Verbreitung durch die Natur, und daher stammen viele der gewöhnlichen Erscheinungen, welche mit der Temperatur in Beziehung stehen. Wenn wir einen kalten Körper mit der Hand berühren, so dringt ein Theil der Wärme unserer Hand in den Körper und die Hand ist um so viel ihrer Wärme beraubt worden. Berühren wir einen wärmeren Stoff wie die Hand, so dringt ein Theil der Wärme in die Hand und erhitzt sie. Gießen wir eine Quantität heißes Wasser in kaltes, so tritt sogleich eine Ausgleichung der Temperatur ein. Wird die Luft in einem Theil erhitzt oder verdünnt, so steigt sie durch ihre größere Leichtigkeit auf und läßt einen leeren Raum zurück, wohin die nahe Luft eindringt, um ihn wieder auszufüllen. Dies ist eine der Hauptursachen der Winde. Dasselbe ist in geheizten Zimmern bemerkbar. Wird die Thür eines geheizten Zimmers geöffnet, so dringt ein kalter Luftstrom sogleich herein, um den Mangel an Dichtigkeit in der verdünnten Atmosphäre auszugleichen.

111. Die Verdunstung ist stets mit Entziehung der Wärme oder Hervorbringung von Kälte verbunden, wenn keine Wärme unmittelbar angebracht wird; die zu Hervorbringung des Dampfes nothwendige Wärme wird alsdann von den umgebenden Gegenständen abgeleitet oder ausgestrahlt, wie schon bei den Thau bildenden Pflanzen erwähnt wurde.

112. Beispiele, daß die freiwillige Verdunstung Kälte hervorbringt, sind den meisten Personen bekannt. Man wasche sich die Schläfe mit Alkohol; alsdann wird die schnelle Verdunstung der Flüssigkeit ein Gefühl beträchtlicher Kälte hervorrufen. Ein Luftstrom, wenn er nicht mit Nässe beladen ist, ruft Verdunstung hervor; daher die Schnelligkeit, womit eine feuchte Oberfläche an einem windigen Tage gewöhnlich abtrocknet.

Künstliche Vorrichtung, Frost zu erzeugen.

113. Der Umstand, daß Verdunstung Wärme in sich aufnimmt und so Kälte erzeugt, hat zur Entdeckung eines Planes geführt, durch welchen Wasser durch bloße künstliche Mittel, sogar in einem erwärmten Zimmer, in Eis verwandelt werden kann. Die Vorrichtung besteht aus einer Luftpumpe und ihrem Recipienten. Der Recipient ist ein großes, gläsernes Geschirr, welches mit der Oeffnung nach unten auf einer Platte steht und durch die Pumpe von Luft entleert werden kann. Auf der Platte steht eine Quantität Schwefelsäure und die der Mitte der Platte ein Gefäß mit Wasser auf einem Dreifuße. Wird die Luft aus dem Recipienten gepumpt, so wird der atmosphärische Druck vom Wasser entfernt; es erfolgt eine schnelle Verdunstung; der entstehende Dunst wird von der Schwefelsäure aufgenommen, wodurch der leere Raum erhalten wird; die Temperatur des Wassers sinkt auf den Gefrierpunkt und bildet bald eine Masse Eis. Eine starke Luftpumpe, die auf mehre Recipienten wirkt, kann in ungefähr einer Stunde sechs Pfund Eis hervorbringen. Anstatt der Schwefelsäure wird stark geröstetes und gedörrtes Hafermehl dem Zweck der Aufnahme des Wasserdunstes ebenfalls entsprechen.

Allmählige Veränderung der Temperatur.

114. In den großen Wirkungen der Natur findet sich die Entziehung der Wärme, um starke Kälte hervorzubringen und die Anwendung der Wärme, um große Hitze hervorzubringen, gewöhnlich nur allmählig. Obgleich das Wasser bei 32 Grad gefriert, ist einige Zeit erforderlich, bevor der Frost das Ansehen und den Zustand flüssiger Körper vollkommen verändern kann; wenn die Temperatur sich wenige Grad über 32 nach einem Frost erhebt, so verschwindet das gebildete Eis und Schnee nicht sogleich. Das Eis bleibt mehre Tage lang ungethaut, nachdem die Temperatur einige Grade über den Gefrierpunkt gestiegen ist. Durch diesen langsamen Vorgang in der Aufnahme oder Entwicklung der Wärme ist die Thier- und Pflanzenwelt vor Beschädigungen bewahrt, welche aus der augeblicklichen Veränderung im Zustande ihrer Flüssigkeiten entstehen müßten.

Ausdehnung in der Abkühlung — Krystallisation.

115. Man hat beobachtet, daß die Wärme die meisten

Körper ausdehnt, im Verhältniß wie ihr Betrag sich mehrt. Indeß hat man auch Beispeile, daß Körper sich bei der Abkühlung ebenso ausdehnen, wie bei der Erwärmung. Diese Stoffe sind Wasser, Eisen, Spießglanz, Wismuth und manche Salze, welche durch Krystallisation zu festen Körpern werden. Bei der Abkühlung von geschmolzenem Blei, Gold oder Silber bilden sich die Atome zum festen Körper in einer dichten, zusammengedrückten Masse, welche keine sichtbare Poren zuläßt. Wenn aber Wasseratome, geschmolzenes Eisen und andere Körper fest werden, so ordnen sie sich in der Form von Krystallen, oder kleinen, nadelgleichen Theilen, die in allen Richtungen hervorschießen und Poren oder leere Räume in der Masse zurücklassen. So vermehrt sich der Umfang des Körpers, weil er die Poren in sich begreift. Die Krystallisation erzeugt schöne und regelmäßig gebildete Körper, deren Formen offenbar das Ergebniß bestimmter, feststehender Gesetze sind, die man jedoch noch nicht zur Genüge bestimmt oder verstanden hat.

Punkt der größten Dichtigkeit im Wasser.

116. Die Temperatur, worin das Wasser am dichtesten ist, beträgt 40 Grad, oder nach Andern 39½. Wenn die Temperatur unter diesen Punkt gelangt, so mehrt sich der Umfang, bis das Wasser 32 erreicht, worauf es gefriert. Wenn die Temperatur über 40 erhoben wird, so mehrt sich sein Umfang, bis es den Siedepunkt erreicht; deßhalb ist sein Umfang bei einer Temperatur unter 40, z. B. bei 35 derselbe wie bei einer Temperatur von ebenso viel Grad über 40, d. h. 45.

117. Wenn die Oberfläche eines Wasserkörpers, dessen Temperatur 40 übersteigt, einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt wird, so wird das Wasser auf der Oberfläche, nachdem es auch nur im geringsten Grade, hinsichtlich der Temperatur vermindert ist, schwerer wie das Wasser unten, und steigt folglich hinab, indem seine Stelle von einer Schichte mit höherer Temperatur eingenommen wird, welche alsdann wieder abgekühlt wird, und wie die frühere zu Boden sinkt; dieser Vorgang dauert fort, bis die Temperatur der ganzen Masse auf 40 Grad vermindert ist. Nachdem die Temperatur diesen Punkt erreicht hat, wird das Wasser auf der Oberfläche leichter wie die unten liegende Masse und bleibt deßhalb stehen. Ist die Temperatur auf oder unter 32 vermindert, so findet sich das Gefrieren,

und da Eis wegen seiner Porösität leichter wie Wasser ist, so schwimmt es auf der Oberfläche. Hierdurch wird der Vorgang der Gefrierung aufgehalten, denn die gebundene Wärme des Wassers, welche mit der unteren Eisoberfläche in Berührung steht, muß, nachdem sie während des Gefrierens entbunden wurde, durch das Eis hindurchgehen, welches ein schlechter Wärmeleiter ist, anstatt schnell von der Atmosphäre fortgetragen zu werden, was stattfinden würde, wenn kein Eis vorhanden wäre; dieser Umstand bewirkt folglich einen Verzug in der Fortsetzung des Gefrierens. Fände sich nicht während des Gefrierens diese Entwicklung gebundener Wärme, zugleich neben der Schwimmfähigkeit des Eises, so würden Flüsse häufig in eine feste Masse verwandelt werden.

Wirkungen des Frostes.

118. Der Umstand, daß Wasser seinen Umfang beim Gefrieren vermehrt, erklärt die gewöhnliche Erscheinung des Berstens der Wasserröhren und andere ähnliche Vorgänge während eines Frostes. Wenn ein Geschirr von mäßiger Größe mit Wasser gefüllt wird, so verursacht dessen Ausdehnung bei Verwandlung zu Eis in der Temperatur des Gefrierens die Zerspringung des Gefäßes. Ist das Gefäß nicht zerbrechlich, sondern besitzt es Zähigkeit, wie eine bleierne Wasserröhre, so läßt sich der Bruch selten während des Frostes bemerken, so lange das Wasser in festem Zustande bleibt, zeigt sich aber sogleich wie das Thauen eintritt, da das Wasser alsdann mit einer Schnelligkeit herausgetrieben wird, welche der scheitelrechten Höhe der Wassersäule in der Röhre entspricht. Auch die Felsspalten werden durch das Gefrieren des Wassers erweitert, welches in ihnen vor dem Frost sich ansammelte, und dieser Vorgang bildet deßhalb eine gewaltige Mitwirkung in der Trennung vom Gestein. Aus ähnlicher Ursache fallen auch Theile steiler Ufer nach einem Thauwetter ab, denn die Nässe in ihnen dehnt sich gefroren aus und zerstückelt sie so; weil aber die gefrorene Nässe gleichsam wie ein Mörtel die Stücke zusammenhält, so fallen sie nicht eher herab, als bis das Thauen die Nässe aufgelöst hat. Nach demselben Grundsatz auch läßt sich die Zerbröckelung von umgewandtem Boden erklären, welcher der Winterkälte ausgesetzt war. Die Nässe des Bodens gefriert, wodurch er in kleine Theilchen zerrissen wird; diese bleiben während des Frostes fest vereinigt, aber zerbröckeln sich so wie

Thauwetter eintritt. Auch kann man häufig bemerken, daß Fußwege, hauptsächlich solche, die aus einem Gemisch von Thon und Kies bestehen, sich während des Frostes durch Ausdehnung der gefrornen Nässe beträchtlich erheben, und deßhalb nach einem Thauwetter sehr glatt werden. Der Landwirth ist mit diesen Wirkungen wohl bekannt, und benützt den Vortheil, indem er im Herbst den Boden umwendet, der alsdann dem Einfluß des Winterfrostes ausgesetzt wird. Die von letzterem hervorgebrachte Wirkung würde sonst einen großen Betrag geschickt angebrachter, mechanischer Arbeit erheischen.

119. Zum Beweise, daß Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt, stelle man eine mit Wasser gefüllte und wohlverkorkte Flasche an einen dem Froste ausgesetzten Ort. In kurzer Zeit wird die Flasche durch die Ausdehnung gesprengt sein. Hat man den Kork weggelassen, so wird man bemerken, daß eine Ausdehnung nach oben stattgefunden hat, und daß eine Masse Eis, einem Korke gleichend, über die Mündung der Flasche hervorgedrungen ist.

120. Wenn Eis thaut, so läßt es die Luft fahren, die es in seinen Poren eingeschlossen hatte; diese Luft, von höherer Temperatur wie das umgebende Wasser, treibt Luftblasen oder Kügelchen auf die Oberfläche. Daher der Schaum auf der Oberfläche und am Rande vor Kurzem gefrorener Bäche.

Zusammenschrumpfen der Körper durch Wärme.

121. Die Wärme hat eine mächtige Wirksamkeit, indem sie gewisse Körper zusammenschrumpfen läßt und ihren Umfang vermindert. Dies geschieht bei den Körpern, die nicht flüssig werden, wie Holz und Thon. Die Zusammenziehung entsteht dadurch, daß die Wärme die Wassertheilchen von den Körpern fortträgt und so den sie bildenden Atomen erlaubt, sich näher an einander zu drängen. Wenn das Holz trockener wird, so zerspringen bisweilen seine Fasern, und ein lauter Ton des Krachens läßt sich vernehmen, welcher, im Fall dies bei Hausgeräth stattfindet, von Unwissenden übernatürlichen Ursachen zugeschrieben wird.

Entzündung der Körper — Feuer.

122. Die meisten Körper, welche sich nicht in Dunst durch Anwendung der Wärme verwandeln lassen, z. B. Holz, sind entzündbar, und leuchten im Dunkeln, wenn sie bis an 800°, oder bis an 1000° im Tageslicht, erwärmt

werden. Dies läßt sich gleicherweise bei verbrennbaren Körpern bemerken, wie bei Holzkohlen und den steinigen oder andern Stoffen, welche keine Flamme geben. Verbrennbare Körper, wenn sie sich im Zustande lichtgebender Wärme befinden, heißen entzündet.

123. Von dem Zustande einfacher Entzündung an läßt sich die Wärme bis zu einem sehr hohen Grade steigern, bis sie, wie in Oefen bemerkbar ist, einen weißen Lichtschein geben, auf welcher Temperaturhöhe die meisten Metalle und andere Substanzen schmelzen und in gewisser Zeit zerstört werden, wenn man sie nicht entfernt und abkühlt. Das Feuer steht im Verhältniß zur Verbrennbarkeit der Stoffe, worauf es wirkt, und zur Masse atmosphärischer Luft, die ihm geboten wird. Wird das Feuer der Luft beraubt, so hört es schnell auf und erlischt.

124. Die hauptsächlichsten Wirkungen der Wärme sind jetzt erwähnt worden, nämlich Abstoßung der Atome, oder Ausdehnung, Flüssigmachung, Dampferzeugung, Verdunstung und Entzündung; ebenso die durch ihre Entfernung hervorgebrachten Wirkungen, nämlich Verdichtung, Kälte, Gefrierung und Krystallisation. Eine weitere Betrachtung des Gegenstandes, vorzüglich in Bezug auf die Verbrennung, gehört in die Chemie. In der Pneumatik und Meteorologie werden wir auf die Haupteigenschaften der Wärme in Verbindung mit atmosphärischen Erscheinungen zurückkommen.

Außerwesentliche Eigenschaften der Materie.

125. Während die schöne und ausgedehnte Mannigfaltigkeit der Form in Körpern — die feste, flüssige, gasartige und die Mannigfaltigkeit derselben — sich auf zwei leitende Naturprincipe, Anziehung und Abstoßung, zurückführen läßt, so beschreibt man die besondern Formen oder Charaktere, welche Körper vom Einfluß dieser oder andern Ursachen annehmen, gewöhnlich unter dem Namen der außerwesentlichen, zufälligen oder accidentellen Eigenschaften der Materie. Diese hängen nämlich von Umständen ab und sind dem Wechsel ausgesetzt. Es sind: Dichtigkeit, Porosität, Zusammendrückbarkeit, Elasticität, Dehnbarkeit, Härte, Zerbrechlichkeit oder Sprödigkeit, Hämmerbarkeit, Streckbarkeit und Zähigkeit.

Dichtigkeit der Körper.

126. Dichtigkeit bezeichnet einen engen Zustand des Gefüges, oder einen compakten Zustand. Die Körper sind am dichtesten im festen Zustande, weniger dicht im flüssigen, und am wenigsten im gasartigen. Auf diese Weise stimmt der Grad der Dichtigkeit mit dem engen Zusammenhalt der Atome an einander überein. Die Dichtigkeit der Körper läßt sich meist durch künstliche Mittel verändern. Metalle besonders können die Eigenschaft haben, daß ihre Dichtigkeit durch Hämmern vermehrt wird, wodurch ihre Poren kleiner und die sie bildenden Theilchen näher an einander gebracht werden.

127. Je dichter ein Körper an Stoff ist, desto größer ist seine Schwere oder sein Gewicht. Spricht man von der Dichtigkeit verschiedener fester und flüssiger Körper, so braucht man den Ausdruck specifische Schwere, um den angestellten Vergleich zu bezeichnen. So ist die specifische Schwere eines Klumpen Blei größer wie die eines an Umfang gleichen Stückes Korkholz, oder die specifische Schwere des Wassers ist größer als die einer gleichen Quantität von Alkohol. Der Bequemlichkeit halber hat man reines destillirtes Wasser in der Temperatur von 62° als Einheitsmaß angenommen, um die specifische Schwere oder die Gewichte der Körper mit einander zu vergleichen. Das Wasser ist 1; wenn also ein Körper gleicher Größe die doppelte specifische Schwere des Wassers hat, so ist er 2 schwer und so aufwärts bis 22 zur Schwere des Platins, welches der schwerste bekannte Körper ist. Fast in jedem Fall finden sich bei der Vergleichung Bruchtheile, und diese werden in der Regel auf folgende Weise angegeben: man theilt die Brüche in Zehntel, Hundertstel, Tausendstel u. s. w. Findet sich zur Zahl, welche den Haupttheil der specifischen Schwere angibt, eine zweite mit einem Punkt oder Komma dazwischen, z. B. 2,5, so bezeichnet die hinzugefügte Zahl Zehntel und der Körper ist 2mal und 5 Zehntel dichter oder schwerer wie Wasser. Sind zwei Zahlen gesetzt, z. B. 10,40, so sind Hundertstel angezeigt, und der Körper ist zehn und vierzig Hundertstel mal schwerer wie Wasser. Finden sich drei Zahlen, so sind Tausendstel mal angegeben u. s. w. Atmosphärische Luft wird zuweilen als Einheitsmaß genommen, womit man die Gase vergleicht, da die Vergleichung der Schwere von Luftkörpern hier eine einfachere Vergleichungsweise bietet. Alle

festen und flüssigen Körper aber werden mit Bezug auf Wasser, als dem Einheitsmaß, geschätzt.

128. Jeder Körper von größerer specifischer Schwere wie Wasser, wird im Wasser untersinken, aber auf der Oberfläche schwimmen, wenn seine specifische Schwere geringer wie die des Wassers ist. Ein Körper, z. B. ein Stück Holz, wird, wenn er eine gewisse Zeit auf dem Wasser schwamm, so viel Flüssigkeit aufnehmen, daß seine specifische Schwere sich allmählig steigert; im Lauf der Zeit wird er vielleicht zu Boden sinken.

129. Die Dichtigkeit flüssiger Körper ist einer Veränderung durch Vermischung ausgesetzt, denn die Verbindung von zwei verschiedenen Bestandtheilen ist mit einer Vermehrung oder Vergrößerung oft verbunden. So wird ein Cubikzoll Alkohol mit einem Kubikzoll Wasser vermischt, ein Maß hervorbringen, welches weniger wie zwei Kubikzoll ist; vermischt man Alkohol oder starke, geistige Getränke mit Wasser, so findet sich eine Verminderung von 4 Gallonen (die Gallone vier Quart) bei hundert. Die Verminderung in allen diesen Fällen wird durch die gegenseitige Trennung der Theilchen von Alkohol und Wasser verursacht. Die eine Flüssigkeit füllt die Zwischenräumchen zwischen den Theilchen der andern. Ein Beispiel einer Vereinigung von zwei Körpern zu einem größeren Umfang wie demjenigen, worin die beiden vereinzelt waren, sieht man an der Vermischung von Zinn mit Blei, wo eine Vermehrung der Größe stattfindet.

130. Wasser ist von größerer Dichtigkeit oder specifischer Schwere wie Alkohol; folglich sind alkoholhaltige Flüssigkeiten geneigt, auf der Oberfläche des Wassers zu schwimmen, wenn sie nicht so gut gemischt werden, daß die beiden Körper sich zu einem vereinigen. Ein Körper, der auf dem Wasser schwimmt, sinkt vielleicht im Alkohol. Obgleich das Wasser so die größere Tragkraft besitzt, nennt man es gewöhnlich ein schwaches Getränk; alkoholhaltige Flüssigkeiten aber nennt man starke Getränke, je leichter sie sind. Eine Kenntniß dieser verschiedenartigen Tragkraft hat zu einem Verfahren geleitet, um die Stärke alkoholhaltiger Getränke zu entdecken. Kleine hohle Glaskügelchen mit der Bezeichnung verschiedenen Gewichtes werden in die Flüssigkeit geworfen; je leichter, d. h. je stärker die Flüssigkeit ist, desto geringer ist das Gewicht der getragenen Flüssigkeit. Ein Instrument, bestehend aus einer mit Schrot beschwerten Messingkugel und einer Stange mit der Gradabtheilung entspricht demselben Zweck. Die in die

Flüssigkeit getauchte Kugel sinkt im Verhältniß zur Leichtigkeit der alkoholhaltigen Getränke, deren Stärke durch die Zahl an der Gradabtheilung angegeben wird, bis zu welcher die Flüssigkeit sich erhebt. Es findet sich ein gewisser Punkt der Stärke, jenseits welchem alle alkoholhaltigen Flüssigkeiten als Getränke nicht verkauft werden dürfen.

131. Berechnet man die Stärke und specifische Schwere aller alkoholhaltigen Flüssigkeiten in der genannten oder in anderer Weise, so muß man auf den Grad der Temperatur der Flüssigkeit achten. Wärme dehnt die Flüssigkeit aus und macht sie leichter; alle alkoholhaltigen Flüssigkeiten nehmen deßhalb im Verhältniß zu ihrem Gewicht eine größere Masse im Sommer wie im Winter ein und sind auch scheinbar, aber nicht wirklich stärker. Ein Kubikzoll Branntwein wiegt 10 Gran weniger im Sommer wie im Winter; 33 Gallonen alkoholhaltiger Flüssigkeit im Sommer messen nur 32 im Winter. Kauft Jemand dergleichen im Winter nach dem Maße und verkauft sie wieder im Sommer nach demselben, so gewinnt er eine Gallone bei 32. Der richtige Handel von dergleichen erheischt also nicht allein ein Maß, sondern auch eine Berücksichtigung der specifischen Schwere in Verbindung mit dem Temperaturgrad. Die Wasserwärme als Einheitsmaß zur Vergleichung der specifischen Schwere ist, wie schon erwähnt, 62 Grad, als mittlere Temperatur auf dem ganzen Erdkreis. Befinden sich alkoholhaltige Getränke in einer Temperatur von mehr wie 62, so muß man also einen entsprechenden Abzug von ihrer geschätzten und scheinbaren Stärke machen.

132. Die specifische Schwere fester Körper von genau demselben Umfang wird einfach dadurch erkannt, daß man sie in den entgegengesetzten Schalen einer Wage wägt; der schwerere der beiden ist der dichtere oder hat die größere specifische Schwere. Dieser Vorgang jedoch wird nicht den wahren innern Werth oder Charakter eines gegebenen Stoffes angeben, z. B. wenn Jemand ein Stück Metall zum Goldschmied bringt, um es zu verkaufen, und es ein Pfund Gold nennt; wenn ferner der Goldschmied es in einer Wage abwägt, und es wirklich für 1 Pfd. Gold erkennt, so ist noch keine Gewißheit vorhanden, ob die ganze Masse Gold ist; ein Theil kann möglicher Weise Blei, Silber, Kupfer, oder ein anderes Metall von geringerem Werthe sein. Wie also ist diese Schwierigkeit auszugleichen? Alle solche Fragen, die sich auf die specifische Schwere der Körper beziehen,

werden durch Gebrauch der hydrostatischen Wage entfernt, eines Instrumentes, welches nach einem von Archimedes, einem griechischen Mathematiker, entdeckten Grundsatze wirkt. Der Grundsatz besteht darin, das die specifische Schwere eines festen Körpers durch die Masse Wasser sich bestimmen läßt, welche ein ähnlicher Körper desselben Gewichts verrückt, wenn er hineingetaucht wird. Der erwähnte Goldschmied, indem er weiß, wie viel Wasser ein Pfd. reinen Goldes verrückt, wird das ihm gebrachte Metall nach diesem Maße prüfen; mit andern Worten, er wird nachsehen, ob es die Quantität Wasser verrückt, die für 1 Pfd. Gold geeignet ist; verrückt es mehr, so enthält es eine Beimischung, und zwar zu ausgedehnt für 1 Pfd. Gold und wird somit verworfen.

Porosität.

133. Porosität ist die der Dichtigkeit entgegengesetzte Eigenschaft und bezeichnet, daß ein Körper porös, d. h. mit kleinen Poren oder leeren Räumen zwischen den Theilchen angefüllt und verhältnißmäßig leicht ist. Beispiele der Porosität sind zahlreich in allen Klassen von Körpern; am bemerkenswerthesten sind aber diejenigen, die mit Thier- oder Pflanzenkörpern verbunden sind. Knochen wird ein Gewebe von Poren oder Zellen und gleicht, wenn durch ein Mikroskop betrachtet, einer Honigscheibe. Wird das Ende eines Cylinders aus gradem Holz in Wasser gestellt, während man in das andere mit Heftigkeit bläst, so dringt die Luft durch die Poren des Holzes und steigt im Blasen durch das Wasser.

Zusammendrückbarkeit.

134. Unter Zusammendrückbarkeit wird die Eigenschaft verstanden, in Folge derer der Umfang eines Körpers sich vermindern läßt, ohne daß die Quantität oder Masse der Materie sich mindert. Sie entsteht dadurch, daß die bildenden Theilchen einander genähert werden und wird auf verschiedene Weise bewirkt. Alle Körper sind mehr oder weniger fähig, sich im Umfang vermindern zu lassen, wodurch sich ihre Porosität erweisen läßt.

135. Flüssigkeiten lassen sich weniger zusammendrücken, als feste Körper; nichts desto weniger geben sie in geringerer Ausdehnung nach und gerathen durch starken Druck in eine kleinere Masse. Wasser am Boden der See ist,

weil es durch das darauf liegende Wasser niedergedrückt wird, dichter wie auf der Oberfläche.

136. Atmosphärische Luft und Gase lassen sich leichter zusammendrücken wie Flüssigkeiten und sogar noch mehr wie viele feste Körper. Luft läßt sich auf den hundertsten Theil ihres gewöhnlichen Umfangs zusammendrücken; in diesem Zustande der Zusammendrückung hat sie eine große Neigung sich auszudehnen und das enthaltende Gefäß zu zersprengen. Dies zeigt sich bei der Windbüchse, worin hundert Zoll Luft ungefähr auf die Größe eines Zolles zusammengedrückt werden. Die Kraft, womit die eingeschlossene und zusammengedrückte Luft ihren früheren Umfang wieder einzunehmen strebt, bewirkt die Forttreibung des Geschosses. Wird die Luft auf einen noch größeren Grad als auf den hundertsten Theil ihrer gewöhnlichen Größe zusammengedrängt, so fallen die Theilchen der Materie, woraus sie bestehen, zusammen und werden so dicht, daß sie eine Flüssigkeit von öliger Natur bilden; in diesem Fall, wie in allen andern Fällen der Zusammendrückung wird die Wärme, welche die Theilchen gegen einander schwebend erhielt, herausgetrieben und erhitzt das Instrument oder das Geschirr, worin der Vorgang stattfand.

Elasticität.

137. Einige Körper haben die Kraft, ihren früheren Umfang oder ihre frühere Form wieder anzunehmen, nachdem die ihn vermindernde Kraft entfernt wurde. Diese Eigenschaft heißt Elasticität. Der Stahl ist einer der am meisten elastischen metallischen Körper, allein seine Elasticität ist bei weitem nicht so groß, wie die des Gummi-Elasticum, welches, obgleich es zusammengedreht, gedehnt oder in verschiedener Weise zusammengedrückt wird, seine ursprüngliche Form stets wieder annimmt. Die luftförmigen Flüssigkeiten, die atmosphärische Luft und Gase, sind sämmtlich in hohem Grade elastisch; ebenso Flüssigkeiten, wie Wasser, aber in geringerer Ausdehnung.

Dehnbarkeit.

138. Dehnbarkeit ist diejenige Eigenschaft der Körper, wodurch sie in ihrem Umfang ausgedehnt oder erweitert werden können, ohne daß etwas zu ihrem Stoff hinzu kömmt.

Härte.

139. Härte ist die Eigenschaft, welche der Weichheit entgegengesetzt ist, und hängt nicht so sehr von der Dichtigkeit des Stoffes ab, wie die Kraft, womit die Theilchen eines Körpers zusammenhängen oder ihre Stelle bewahren. Z. B. Glas ist weniger dicht wie die meisten Metalle und so hart, daß es dieselben ritzen kann. Einige Metalle können entweder hart oder weich gemacht werden. Der Stahl, wenn er so erhitzt wird, daß er weiß glüht, und alsdann plötzlich abgekühlt wird z. B. durch Eintauchung in Wasser, wird härter wie Glas; wenn er langsam abgekühlt wird, wird er weich und biegsam.

Zerbrechlichkeit oder Sprödigkeit.

140. Zerbrechlichkeit oder Sprödigkeit ist die Eigenschaft, wodurch Körper in unregelmäßige Stücke leicht zerbrochen werden können; sie ist hauptsächlich harten Körpern eigen. Eisen, Stahl, Messing und Kupfer, wenn man sie in erhitztem Zustand plötzlich abkühlt, werden spröd.

Hämmerbarkeit.

141. Hämmerbarkeit ist die Eigenschaft, wodurch Körper sich durch Hämmern ausdehnen lassen. Hämmerbare Metalle sind Gold, Silber, Kupfer, Zinn in der Temperatur des kochenden Wassers, Blei, Eisen und einige andere. Einige Metalle besitzen diese entgegengesetzte Eigenschaft der Sprödigkeit. Gold ist das hämmerbarste aller Metalle und läßt sich so dünn hämmern, daß es durchsichtig oder für das Licht durchdringbar ist.

Streckbarkeit.

142. Unter Streckbarkeit versteht man die Eigenschaft, durch welche sich Metalle zu Draht ziehen lassen. Die hämmerbarsten Metalle sind nicht die streckbarsten; Zinn und Blei läßt sich zu dünnen Blättern rollen, kann aber nicht zu Draht gezogen werden. Das streckbarste Metall ist Platina, welches sich zu Draht so fein wie die Fäden eines Spinngewebes ziehen läßt.

Zähigkeit.

143. Zähigkeit ist die Eigenschaft, durch welche sich Körper nicht leicht von einander reißen lassen. Stahl ist das zäheste aller Metalle; ein Stahldraht vom hundertsten

Theil eines Zolles im Durchmesser kann eine Last von 134 Pfund tragen, während ein Draht von derselben Größe aus Platina nur 16 Pfund und ein Bleidraht nur 2 Pfund trägt.

Allgemeiner Inbegriff der Eigenschaften.

Wir haben jetzt eine Darlegung der Eigenschaften, welche der Materie gewöhnlich zugeschrieben werden, geboten und wir werden dieselbe hier wiederholen, um eine um so festere Auffassung derselben zu bewirken.

144. Die wesentlichen Eigenschaften der Materie sind Undurchdringbarkeit, Ausdehnung, Gestalt, Theilbarkeit, Trägheit und Anziehung. Die Anziehung ist eine wesentliche Eigenschaft nur im Charakter der Anziehung der Schwere oder der Anziehung der Erde, wie man sie bisweilen nennt. Zeigt sie sich unter Veränderungen in Bezug auf Zusammenhang, Capillaranziehung, Chemie, Magnetismus und Elektricität, so ist sie keine wesentliche, sondern eine außerwesentliche oder zufällige oder accidentelle Eigenschaft, denn sie wirkt allein nach Umständen. Diese Veränderungen lassen sich kurz als außerordentliche oder zufällige Verschiedenheit der Anziehung angeben.

145. Die abstoßende oder ausdehnende Eigenschaft in der Materie heißt Wärme.

146. Die außerwesentlichen Eigenschaften der Materie sind Dichtigkeit, Porosität, Zusammendrückbarkeit, Elasticität, Dehnbarkeit, Härte, Sprödigkeit, Hämmerbarkeit, Streckbarkeit und Zähigkeit.

Bewegung und Kräfte.

Allgemeine Erklärung.

147. Bewegung ist Veränderung des Ortes oder der Gegensatz der Ruhe.

148. Die Materie ist nach den von ihren Eigenschaften gegebenen Erklärungen ein Stoff, welcher des Lebens und Willens entbehrt und vollkommen leidend oder träg ist. Sie ist mit der Eigenschaft der Trägheit beschriebeu worden und in dieser Hinsicht besitzt sie ein Widerstreben sich zu bewegen; allein diese Ausdrücke sind nur bildlich und werden nur gebraucht, um einen eindringlichen Begriff von ihrem leidenden Charakter zu erwecken. Wegen dieser Eigenschaft der Trägheit oder des Leidens, sich jedem Zustande, dem sie unter-

worfen wird, zu fügen, wird sie, einmal in Bewegung gesetzt, sich mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegen, bis sie ein Hemmniß durch äußeren Einfluß erlangt.

149. Jeder Zustand der Ruhe, den wir beobachten können, besteht nur in bedingter Ruhe, d. h. die Ruhe findet sich in Bezug auf die Erde, aber nicht auf das Weltall; obgleich der Stein, welcher zu Boden fällt, auf der Erde ruht, so ist die Erde stets in Bewegung und deßhalb ruht der Stein nicht mehr, wie das Insekt, welches auf einem sich bewegenden Rade sitzt, sich in Ruhe befindet. Sprechen wir von Körpern, die scheinbar in einen Zustand der Ruhe gelangen, so müssen wir stets bedenken, daß diese Ruhe immer nur bedingt ist. Unbedingte Ruhe findet sich nicht in der Schöpfung; alle Planeten bewegen sich um die Sonne und die Sonne selbst bewegt sich um ihre Achse. Manche Astronomen glauben auch, daß die Sonne eine fortwährende Bewegung im Raum besitzt und sich vielleicht um einen entfernten Mittelpunkt mit allen Planeten im Gefolge dreht.

150. Gewöhnliche Erfahrung könnte zur Ueberzeugung führen, daß die Ruhe der Materie natürlicher ist, wie die Bewegung; allein diese Ueberzeugung beruht auf einer beschränkten Ansicht der Umstände. Der Grund, weßhalb wir die gewöhnlichen sich bewegenden Körper in den Zustand der Ruhe gelangen sehen — z. B. ein Rad, welches anhält, statt sich um seine Achse zu drehen, eine Kugel, welche, auf dem Boden rollend, zuletzt still steht, oder ein Gegenstand, der zur Erde fällt, nachdem er aufwärts geworfen wurde — liegt darin, daß sie früher oder später in ihrem Fortgang durch die Anziehung der Erde oder ihre eigene Schwere, durch die Reibung gegen andere Körper, und durch den Widerstand der Atmosphäre aufgehalten werden. Ohne diese drei vorherrschenden Ursachen der Hemmung, würden alle einmal bewegten Körper für immer sich fortbewegen. Hält man diese ausgedehntere Ansicht der Dinge fest und gibt die irrthümlichen Eindrücke auf, welche nur aus unserer beschränkten Erfahrung entstehen, so erkennen wir, daß in beständiger Bewegung nichts Auffallenderes liegt, als in beständiger Ruhe.

151. Nur in den großen Werken der Schöpfung oder der Himmelskörper ist beständige Bewegung bemerkbar. Die planetarischen Körper befinden sich unter den stets wirkenden Antrieben der Centripetal- und Centrifugalkräfte und werden nicht durch Reibung oder durch die Atmosphäre gehemmt, denn sie bewegen sich im Weltraum oder in einem

verhältnißmäßig leeren Raum. Manche sinnreich erdachte Versuche wurden gemacht, fortwährende Bewegung nach mechanischen Grundsätzen in irdischen Gegenständen hervorzubringen, allein alle sind nothwendig mißlungen, da keine menschliche Anstrengung die Schwere in den Körpern vernichten oder Reibung verhindern kann.

152. In Bezug auf Körper auf der Erde, deren Zustand der Ruhe der gewöhnliche ist, wird die Bewegung durch verschiedene wirkende Kräfte oder antreibende Ursachen hervorgerufen, die entweder zu den Naturerscheinungen gehören oder künstlich hervorgebracht sind. Die Eigenschaft der Capillaranziehung bewirkt Bewegung unter gewissen Umständen; Winde wehen und verursachen Bewegung; Flüsse, die in ihren Kanälen hinabströmen und die Wirkung der Flut, ruft ebenfalls Bewegung hervor; so sind mehre natürliche Ursachen der Bewegung vorhanden, die der Mensch in der Oekonomie der Künste und Manufakturen benützt. Bewegung in thierischer Oekonomie wird durch ein Lebensprincip hervorgerufen; allein die Menschen kennen nicht die Natur dieser Art von Bewegung und hier ist nichts darüber zu sagen. Die Ursachen der Bewegung, womit wir hier zu thun haben, bestehen aus künstlich oder natürlich erzeugten Kräften, und diese Kräfte haben die Eigenschaft, leblose Gegenstände aus einem Zustande der Ruhe in einen Zustand der Bewegung zu versetzen, dieselben in der Bewegung zu erhalten und die Richtung ihrer Bewegung zu verändern.

153. Die Bewegung ist nach der Art, worin die Kraft wirkt, unzähligen Abwechslungen unterworfen; je nachdem Einfluß auf den bewegten Körper stattfindet, kann er sich schnell oder langsam in gerader Linie, im Kreise oder in einer Curve bewegen. Er kann eine einförmige oder eine unregelmäßige Geschwindigkeit haben, aufgehalten oder angetrieben werden. Der Körper kann sich auch in Bezug auf einen andern sich bewegenden Körper bewegen. Einige dieser Eigenthümlichkeiten der Bewegung werden sogleich unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen; mittlererweile muß hier bemerkt werden, daß gewisse Ausdrücke zur bestimmteren Bezeichnung der Bewegung und der bewegenden Kräfte gebraucht werden.

154. Bewegung ist zwei oder mehren Körpern gemein, wenn sie sich in Berührung mit einander bewegen, oder wenn sie, obgleich nicht in Berührung, auf ähnliche Weise und mit derselben Schnelligkeit fortgetrieben wer-

den, d. h. wenn sie eine Bewegung gemeinschaftlich haben. Bewegung ist unbedingt, wenn ein Körper sich von einem Punkte des Raumes zu einem andern bewegt, oder wenn er sich auf einen ruhenden hin bewegt, oder bei einem solchen vorbeikömmt. Beachten wir nicht den Umstand, daß die Erde sich bewegt, so können wir deßhalb sagen, ein Schiff, welches sich auf der See bewegt, habe unbedingte Bewegung, denn das Land bleibt fest oder ist stationär. Bewegung ist bedingt oder relativ, wenn die Bewegung eines sich bewegenden Körpers so betrachtet wird, als stehe sie mit der eines andern im Verhältniß. Wenn zwei Körper sich in derselben Richtung bewegen, so ist ihre relative Bewegung der Unterschied ihrer Bewegung; bewegen sie sich in entgegengesetzter Richtung, ist sie die Summe ihrer getrennten Bewegungen.

155. Findet eine Kraft, auf einen Gegenstand der Materie angewandt, irgend einen Widerstand, so heißt dies ein Druck. Kräfte, die sich so entgegenwirken, suchen einander das Gleichgewicht zu halten.

156. Der Grad der Schnelle in der Bewegung heißt Geschwindigkeit. Geschwindigkeit wird durch den Raum oder die Entfernung gemessen, welche mit unveränderter Bewegung und in einer gegebenen Zeit, z. B. in einer Sekunde, zurückgelegt wird. Wenn ein Körper in einer Sekunde bei unveränderter Bewegung 20 Fuß zurückgelegt hat, so sagt man, seine Geschwindigkeit betrage 20 Fuß die Sekunde.

157. Ist eine Bewegung unveränderlich, so heißt sie einförmig; vermehrt sie sich allmählig, so heißt sie beschleunigt, vermindert sie sich allmählig, so wird sie aufgehalten oder verzögert. Eine Kraft ist eine beschleunigende oder aufhaltende, je nachdem sie eine beschleunigte oder aufgehaltene Bewegung hervorbringt.

158. Kräfte wirken entweder für einen Augenblick oder fortgesetzt. Die ersteren wirken mit einem Antrieb, wie mit einem Schlage. Aeußert sich eine fortgesetzte Kraft stets in demselben Grade, so ist sie eine gleichförmige Kraft; andere dagegen sind ungleichförmig.

159. Ein Körper besitzt bei der Bewegung eine Kraft, die man Moment oder Bewegungskraft nennt. Moment ist von der Geschwindigkeit sehr verschieden. Ein leichter und ein schwerer Körper kann dieselbe Geschwindigkeit haben, allein das Moment des leichteren Körpers ist klein im Verhältniß zu dem des schweren. Der leichte Körper,

wenn er zum Zustand der Ruhe geräth, wird vielleicht ohne zu schaden, auf den Boden fallen, während der andere durch sein Moment mit Gewalt auf die Erde stößt und einen ihm entgegengesetzten Gegenstand zerstört. Das Moment steht im Verhältniß zur Masse und Geschwindigkeit der Körper; multipliziren wir das Gewicht mit der Zahl der in der Sekunde zurückgelegten Fuße, so ist das Produkt dem Moment gleich. Bewegt sich ein Körper von 12 Unzen mit der Schnelligkeit von 20 Fuß die Sekunde, so ist sein Moment 240 (12mal 20).

Bevor wir auf die Betrachtung der Bewegung eingehen, wie sie durch die gewöhnlichen Kräfte hervorgebracht wird, ist es zweckmäßig, die Wirkungen auf Körper beim einfachen Falle zu beschreiben, d. h. der Bewegung zur Erde, wenn die haltenden Stützen entfernt sind.

Die Erscheinungen fallender Körper.

160. Die Anziehung ist, wie schon dargelegt wurde, eine der Natur inwohnende Kraft, wodurch Theilchen und Massen der Materie an einander gezogen werden. Diese Kraft, wie auch angegeben wurde, vermehrt sich im Verhältniß zu der vom Körper enthaltenen Materie; ferner auch je mehr sich die Körper einander nähern.

161. Ferner ist erwähnt worden, daß diese gewaltige und feine Eigenschaft der Materie die Ursache des Falles ist, oder Körper zur Erde zieht und so Schwere oder Gewicht hervorbringt. Die Schwere also ist einfach die Neigung eines Stoffes, dem Gesetze der Anziehung gemäß niederwärts zu drücken. Ein Beispiel bieten die Körper, welche von Höhen auf den Boden fallen, sobald die haltenden Stützen entfernt sind.

162. Alle fallenden Körper sind in gerader Linie von dem Punkte aus, von welchem sie fielen, zum Mittelpunkt der Erde gerichtet. Somit haben zwei Körper die auf den entgegengesetzten Seiten der Erde fallen, im Falle eine Richtung gegen einander.

163. Nimmt man an, daß ein Körper von einer uns entgegengesetzten Höhe herabfällt, so würde dessen Bewegung in Bezug auf uns aufwärts sein, während die Bewegung abwärts, von wo wir stehen, in Bezug auf diejenigen, welche auf der andern Seite der Erde sich befinden, aufwärts sein würde.

164. Wenn der fallende Körper nur ein Viertel der

Erdrundung anstatt der halben von uns entfernt ist, so wird seine Richtungslinie in gleicher Weise seitwärts zu uns, d. h. im rechten Winkel zu den schon erwähnten Linien sein.

165. Deßhalb ist es klar, daß die Ausdrücke aufwärts und herabwärts nur bedingt sind, und daß herabwärts für uns, aufwärts für diejenigen ist, welche am entgegengesetzten Ende der Erde leben. Folglich bezeichnet herabwärts oder niederwärts überall die Richtung zum Mittelpunkt der Erde und aufwärts die vom Mittelpunkt der Erde.

166. Die Geschwindigkeit jedes fallenden Körpers wird beschleunigt oder gesteigert, so wie er sich der Erde nähert, von welcher Höhe er auch fallen mag, wenn man den Widerstand der Atmosphäre nicht rechnet.

167. Wenn ein Stein von dem Gipfel eines steilen Berges hinabgerollt wird, so ist seine Bewegung zuerst langsam und sanft; je mehr er aber niederwärts steigt, bewegt er sich mit stets vermehrter Geschwindigkeit, indem er jeden Augenblick frische Eile anzusammeln scheint, bis seine Kraft jedes Hinderniß überwältigt; Bäume und Felsen werden auf seinem Wege niedergeworfen und seine Bewegung hört nicht eher auf, als bis er auf beträchtliche Entfernung in der Ebene fortgerollt ist.

168. Derselbe Grundsatz der vermehrten Geschwindigkeit von Körpern, die eine Höhe hinabsteigen, wird durch das Herabgießen von Honig, oder dickem Syrup aus einem hochgehaltenen Gefäße erläutert. Der dicke Strom, welcher vielleicht zwei Zoll im Durchmesser, als er das Geschirr verließ, betrug, ist zur Größe eines Strohhalms oder Fadens vermindert, wenn er seine Bestimmung erreicht; was er aber an Umfang verliert, wird durch Geschwindigkeit ausgeglichen, denn der kleine fadengleiche Strom am Boden wird ein Geschirr ebenso schnell füllen, wie der große und langsame Strom beim Ausgießen aus dem Gefäße; die Geschwindigkeit ist wirklich so groß, daß der Strom keine Zeit hat, auf einmal in die Masse unten zu sinken, sondern gleichsam mit überliegenden Falten herabsinkt.

169. Nach demselben Grundsatz kann eine Person ohne Gefahr von einem Stuhle herabspringen; springt sie aber von einem Dache herunter, so wird die Schnelligkeit, bevor sie den Boden erreicht, so sehr gesteigert, daß Lebensgefahr die Folge ist.

170. Man hat durch Erfahrungen erkannt, daß die Bewegung des fallenden Körpers sich nach regelmäßiger Progression vermehrt oder beschleunigt; mit andern Worten, bei jeder Sekunde Zeit während des Herabsteigens erlangt sie einen hinzugefügten Grad der Geschwindigkeit, indem letztere durch die Anhäufung der vorhergehenden Hinzufügung regelmäßig gesteigert wird.

171. Man hat erkannt, daß ein dichter oder fester Körper, wenn er frei fällt, während der ersten Sekunde Zeit einen Raum von 16 Fuß 1 Zoll zurücklegt. Läßt man den Zoll, der geraden Rechnung wegen aus, so finden wir, daß der durchlaufene Raum durch folgende Berechnung bestimmt wird.

172. Man merke sich die Zahl der Sekunden, welche der Fall eines Körpers braucht. Man nehme das Quadrat dieser Zahl, d. h. die mit sich selbst multiplizirte Zahl, und multiplizire das Quadrat mit 16, welches die Zahl der im Fall durchlaufenen Fuße während der ersten Sekunden ist, und das Ergebniß ist der Betrag der Fuße, welche der Körper überhaupt fällt. Z. B. braucht eine Kugel 3 Sekunden zum Fallen, so nehmen wir das Quadrat von 3, welches 9 ist, multipliziren 9 mit 16 und erhalten 144 als Ergebniß, welches die Zahl der im Fall durchlaufenen Fuße ist. Finden wir, daß der Fall 4 Sekunden dauert, so nehmen wir das Quadrat von 4, welches 16 ist, und multipliziren 16 mit 16; das Ergebniß 256 ist die Zahl der durchlaufenen Fuße. Nach dieser Berechnung fährt man immer fort.

173. Es ist nicht immer leicht, nach der angegebenen Berechnungsweise ein genaues Resultat über die Höhe gefallener Körper zu erlangen; Alles, was man erwarten kann, ist allein eine Annäherung an das wahre Ergebniß. Dies entsteht daraus, daß die Körper verschiedenen Umfang haben und einen verschiedenen Grad des Widerstandes durch die Atmosphäre beim Herabsteigen erleiden. Es ist eine gemeine Vorstellung, daß große und schwere Körper schneller fallen, wie kleine und leichte. Diese Meinung hegten sogar Philosophen, bis Galilei den Irrthum berichtigte, welcher vielleicht darin seinen Grund hatte, daß man Moment oder Bewegungskraft mit Geschwindigkeit verwechselte. Wie dem auch sei, gegenwärtig nimmt man in der Physik als ausgemacht den Satz an, daß alle Körper, von welcher Dichtigkeit sie auch sein mögen, mit derselben Schnelligkeit fallen. Eine Kugel von einem Pfund

Blei fällt mit derselben Schnelligkeit wie eine Kugel von einer Unze. Diese Gleichförmigkeit im Betrag des Falles wird jedoch durch die Eigenschaft der Gestalt und der Umfang der Körper gestört. Eine Kugel Gold fällt schneller wie dieselbe Masse Gold, die zum dünnen Blech gehämmert wurde, weil der Widerstand der Atmosphäre beim Blech auf eine größere Fläche das Herabsteigen hindert. So verhindert die Atmosphäre, daß ausgedehnte und poröse Substanzen mit der Schnelligkeit von Körpern fallen, welche eine zusammengedrängte Masse haben.

174. Wäre die Atmosphäre entfernt, so würden alle Körper, leicht oder schwer, groß oder klein, mit derselben Geschwindigkeit herabfallen. Dies ist durch Versuche mit der Luftpumpe bewiesen.

175. Läßt man ein Stück Geld und eine Feder von einem Haken, der sie oben am entleerten Recipienten der Luftpumpe festhielt, in demselben Augenblick herunterfallen, so fallen sie mit gleicher Geschwindigkeit und erreichen den Boden in demselben Augenblicke. Daraus folgt, daß ohne den Widerstand der Atmosphäre ein Sack Luft und ein Sack Geld von gegebener Höhe mit derselben Schnelligkeit und in demselben Zeitraum herabfallen würde.

176. Wie angegeben wurde, vermehrt sich die Anziehung der Schwerkraft im Verhältniß zur Masse der Materie, welche der anziehende Körper enthält. So äußert die Masse unsers Planeten, die Erde, eine Anziehungskraft, welche die Erscheinungen der Schwere und den Fall der Körper mit gewisser Schnelligkeit hervorruft.

177. In Folge der verschiedenen Größe und Dichtigkeit der Sonne und der Planetarkörper ist die Anziehung in einigen stärker wie in anderen; folglich ist die Schwere der Körper in jedem verschieden. Auf der Oberfläche der Sonne wird unser Pfund an 27 Pfund wiegen und ein Körper wird 434 Fuß in der ersten Sekunde fallen. Auf der Oberfläche des Jupiter wird unser Pfund an zwei Pfund vier Unzen wiegen. Auf der Oberfläche des Mondes wird unser Pfund nur $\frac{1}{5}$ Pfund wiegen.

178. So wie ein Körper, der zur Erde hinabsteigt, eine stets sich mehrende Geschwindigkeit mit jeder Sekunde erlangt, so verliert ein von der Oberfläche der Erde emporgeworfener Körper in demselben Verhältniß an Geschwindigkeit, bis er in den Zustand augenblicklicher Ruhe geräth,

worauf er mit allmählig sich steigernden Geschwindigkeit sogleich zu sinken beginnt; seine Geschwindigkeit auf jedem Punkte im Herabsteigen ist alsdann gleich derselben Geschwindigkeit im Heraufsteigen. Bei dieser Berechnung lassen wir jedoch den Einfluß der Atmosphäre außer Augen, wodurch die endliche Geschwindigkeit des Herabfallens geringer sein wird, wie die ursprüngliche Geschwindigkeit, womit der Körper aufwärts geschleudert wurde.

Der Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere.

179. Die Schwere der Erde, wie schon dargelegt wurde, wirkt nicht auf die bloße Oberfläche der Körper, oder ihrem Umfang gemäß, sondern auf alle Theilchen oder Atome, welche die Masse eines Körpers bilden. Da die Erde beinah eine Kugelform hat, so ist ihre Anziehung ungefähr dieselbe, als ginge sie gänzlich vom Mittelpunkte aus. Wegen der Größe der Erde, im Vergleich zu den gewöhnlichen Körper auf ihrer Oberfläche, wirkt ihre Anziehungskraft in geraden Linien, die vom Mittelpunkt der Erde für unsere Wahrnehmung parallel ausgehen. Im Fall der Flüssigkeiten, wo die Atome nur leicht zusammenhängen, haben sie die Freiheit, sich über die Erde auszubreiten und die niedrigste Lage zur Ruhe auszusuchen. Im Fall fester Körper ist eine verschiedene Wärme wahrnehmbar. In diesen halten die Theilchen der Materie so fest zusammen, daß sie einzeln dem Gesetz der Schwere nicht gehorchen können, sondern daß sie sich gleichsam um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt vereinigen, auf welchen man die Anziehungskraft als wirkend betrachten kann. Dieser Mittelpunkt heißt der Mittelpunkt der Schwere, der Schwerpunkt, der Mittelpunkt der Trägheit, oder der Mittelpunkt der Parallelkräfte.

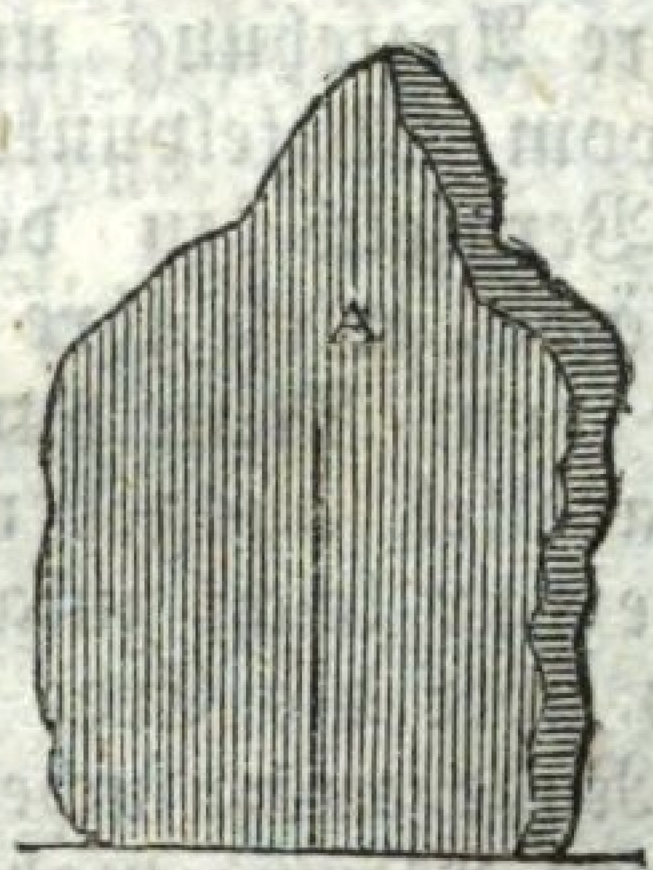
180. Jede dichte Masse besitzt einen Schwerpunkt, d. h. einen Punkt, worauf sich die Masse im Gleichgewicht erhält, und im Zustande der Ruhe oder des Gleichgewichts in irgend einer Lage bleibt.

181. Der Schwerpunkt läßt sich als ein Punkt in festen Körpern, welcher stets seine niedrigste Fläche, wie das Wasser, sucht, beschreiben; denn nur durch die Unterstützung des Körpers wird der Mittelpunkt der Schwere verhindert, dieselbe Art der Wirksamkeit zu zeigen.

182. Der Schwerpunkt in runden, viereckigen und andern, regelmäßig geformten Körpern, ist bei gleichförmiger Dichtigkeit ihrer Theile, der Mittelpunkt dieser Körper.

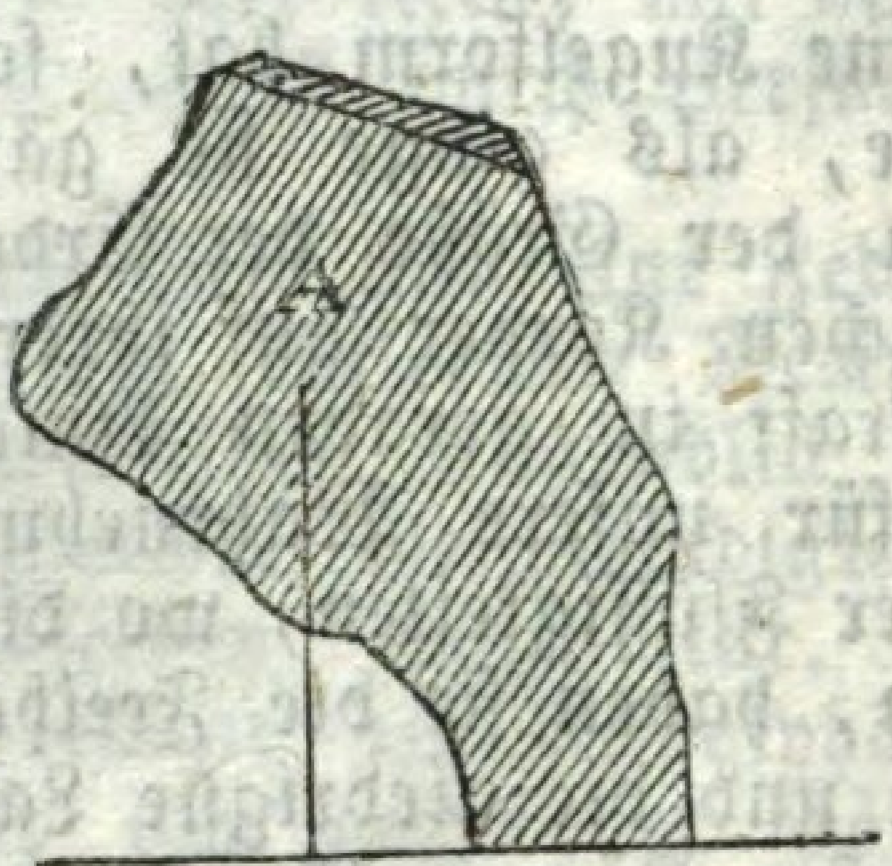
183. Wenn ein Körper unregelmäßig geformt ist, oder wenn zwei oder mehre Körper verbunden sind, so ist der Schwerpunkt derjenige Punkt, worauf sie sich im Gleichgewicht halten.

184. Jeder viereckige oder winklige Körper wird, auf den Boden gestellt, stehen bleiben oder ruhen, vorausgesetzt, daß eine gedachte Linie von seinem Schwerpunkt und in senkrechter Richtung zur Erdoberfläche gezogen, in seine Grundfläche fällt, wie in Figur 1. Ein Punkt unter A ist der Schwerpunkt; von diesem Punkte aus geht die Senkrechte (Direktionslinie) abwärts nach B, welches innerhalb des Randes der Grundfläche liegt. Ein Gegenstand dieser Form, und so gestellt, wird stehen bleiben.



B

Fig. 1.



B

Fig. 2.

185. Fällt aber die Senkrechte vom Schwerpunkt außerhalb des Randes der Grundfläche, wie in Figur 2 von A nach B, so wird der Gegenstand nicht auf seiner Grundfläche im Gleichgewicht bleiben; er wird überwärts stürzen und eine Lage erreichen, worin die senkrechte Linie auf die Grundfläche, worauf er steht, fallen wird.

186. Durch Beachtung dieses einfachen Grundsatzes sichert man die feste Stellung von Kunstgegenständen, wie Häusern, Kirchthürmen und Obelisken; ebenso auch die von beladenen Kutschen, Karren und andern Fuhrwerken, ferner auch die von Haufen Bauholz und andern Gütern. Bei jedem Beispiel muß die Grundfläche breit genug sein, daß die senkrechte Linie vom Mittelpunkt der Schwere darauf fallen kann.

187. Ein kleiner Grad von Erfahrung scheint auf die Zweckmäßigkeit des Verfahrens hinzuweisen, daß man jeder Art künstlichen Aufrichtung eine genügende weite Grund=

fläche ertheilt, um ihre Festigkeit zu sichern; nichts destoweniger werden Postkutschen gegen Erfahrung und die einfachen Grundsätze der Physik in solcher Weise beladen, daß ihr Schwerpunkt einem zu großen Wechsel der Lage ausgesetzt ist, und daß sie mit Verletzung oder sogar Tödtung der Reisenden umfallen. Der Fehler besteht darin, daß man den Schwerpunkt zu hoch legt. Zuerst ist vielleicht der Mittelpunkt der Schwere verhältnißmäßig niedrig, so daß die genannte senkrechte Linie beim Wanken auf die Seite, innerhalb des Randes vom Wagen fällt und keine Gefahr entsteht; man pflegt aber eine Masse von Gütern oder Gepäck anzuhäufen, oder eine Anzahl Reisende auf die Decke des Wagens zu setzen, so daß der Schwerpunkt bedeutend erhoben wird, und zwar so hoch, daß jene senkrechte Linie, sobald der Wagen auf eine Seite schwankt, jenseits des Rades fällt, wodurch der Wagen umfallen muß. In Figur 3 ist ein beladener Wagen dargestellt, welcher quer über eine schiefe Ebene fährt, oder wo das Rad auf einer Seite mit einem Stein S in Berührung gekommen ist, welcher ihn so sehr über die Oberfläche des andern Rades erhoben hat, daß der Körper des Wagens sich sehr beträchtlich von der horizontalen Richtung neigt. Der Schwerpunkt ist in zwei verschiedenen Lagen, einer niedrigen, in der senkrechten Linie LC und einer höheren, in der senkrechten Linie UC dargestellt. Wäre der Wagen nicht zu hoch beladen, so würde jene Linie in LC geblieben sein und da sie dort innerhalb des Rades oder der Grundfläche bleibt, so hätte der Wagen sein Gleichgewicht bewahren können; da er aber jetzt zu beträchtlicher Höhe beladen ist, so ist die Linie ungefähr so hoch gehoben, wie sie hier von C nach U, jenseits der Grundfläche gezogen ist, folglich muß der Wagen umschlagen.

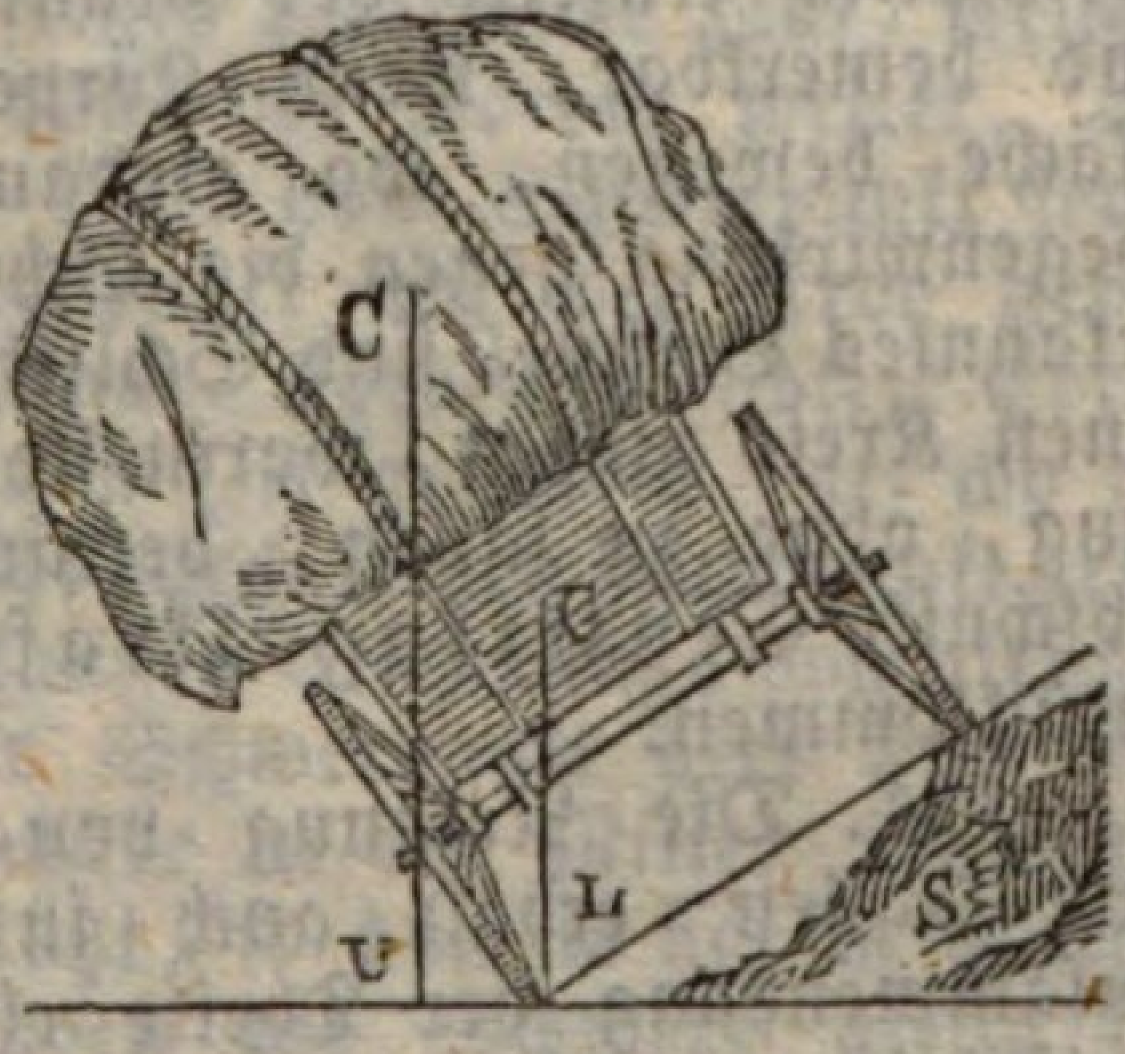


Fig. 3.

188. Kinder, welche keine Erfahrung über diese Neigung der Körper zum Umfallen haben, wenn deren Schwerpunkt unrichtig gestellt wird, erleiden oft Schaden durch Herabfallen von Möbeln. In der Figur 4 ist ein Knabe

dargestellt, welcher auf einem Stuhle steht und sich über dessen Lehne neigt. So lange die Linie von A auf die Grundfläche von B fällt, ist er in Sicherheit; sobald er sich aber noch weiter überlehnt und die Linie jenseits der Grundfläche, nach C hin fällen läßt, muß er nothwendig herabstürzen.

C B

Fig. 4.

189. Betrunkene, die hin und herschwanken, haben beträchtliche Schwierigkeit, ihre aufrechte Stellung zu erhalten, weil ihr Schwerpunkt fortwährend gestört wird. Personen, welche merken, daß sie fallen, strecken instinktartig einen Arm aus, oder versuchen sich in entgegengesetzter Richtung zu lehnen, um ihr Gleichgewicht wieder zu erlangen. Aus demselben Grunde halten Seiltänzer, um sich im Gleichgewicht zu erhalten, eine mit Blei an jedem Ende beladene Stange; neigen sie die Stange in entgegengesetzter Richtung zu derjenigen, wohin sie fühlen, daß sie fallen werden, so bewahren sie ihr Gleichgewicht.

190. Es gibt Beispiele, daß Körper nicht überfallen, obgleich die senkrechte Linie von ihrem Schwerpunkte aus beträchtlich jenseits der Grundfläche fällt. Diese Ausnahmen sind bemerkbar, wenn Körper sich schnell und auf glatter Fläche bewegen, wo alsdann die Centrifugalkraft eine Gegenwirkung gegen die Schwere des Körpers bietet. Ein bekanntes Beispiel sind Schlittschuhläufer, die auf dem Eise einen Kreis ziehen, worin sie sich über die senkrechte Stellung, ohne zu fallen, beträchtlich hinauslehnen. In dem Abschnitt Centrifugalkraft werden wir wieder darauf zurückkommen.

191. Die Neigung von sich überlehnenden Körpern zum Fallen erhält auch in gewissem Maße durch den Zusammenhang der Theile eine Gegenwirkung. Man hat Beispiele von Mauern und Thürmen, die sich beträchtlich über die scheitelrechte Linie neigen und durch die Stärke des sie bindenden Mörtels Jahrhunderte lang gehalten werden.

192. Alles was den Schwerpunkt erhebt und die Grundfläche verengt, läßt jene senkrechte Linie leicht über letztere hinausgehen und vermindert dadurch die feste Haltung. Daher auch die Unbesonnenheit, in Wagen oder Böten

aufzustehen, wenn dieselben sich in Gefahr des Umschlagens befinden; daher auch die Gefahr in hochbeladenen Fuhrwerken. Kürzlich hat man eine Verbesserung ausgeführt in der Erbauung der Postkutschen, wodurch der größte Theil der Ladung so niedrig wie die Achse der Räder angebracht wird; dadurch ist die Gefahr des Umschlagens fast gänzlich abgewandt worden.

193. Der Schwerpunkt eines Körpers liegt nicht immer im Stoffe des Körpers selbst. So liegt der Schwerpunkt eines kreisförmigen Ringes in dem Mittelpunkte des Kreises; bei einer hohlen cylinderischen Röhre liegt er in der gedachten Achse der Röhre. Bei einer Trommel z. B. liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Trommel, wo nichts wie Luft ist.

194. Wenn ein kreisrunder Gegenstand auf eine horizontale Fläche gestellt wird, so bleibt er ruhend auf einem Punkte seiner Oberfläche, weil die Linie vom Schwerpunkt zur Grundfläche, hier von seinem Mittelpunkt senkrecht auf den Punkt geht, wo er die Erde berührt, und weil er durch Veränderung seiner Lage dem Mittelpunkt der Erde nicht näher kommen kann.

195. Wenn ein ähnlicher, kreisrunder Gegenstand auf eine schiefe Ebene gelegt wird, so kann er nicht ruhen, sondern muß rollen, weil die Linie vom Schwerpunkt aus senkrecht vor den Punkt auf seiner Oberfläche fällt, welcher die Erde berührt; deßhalb rollt der Körper weiter, als suche er einen Platz, wo die Linie vom Schwerpunkt senkrecht durch seinen Berührungspunkt mit der Erde gehen würde; deßhalb rollt der kreisrunde Körper die schiefe Ebene hinab, bis er einen horizontalen Ort gefunden hat, wo die Linie vom Schwerpunkt senkrecht durch seinen Ruhepunkt geht.

196. In einer sechs Fuß langen Eisenstange von gleicher Breite und Dicke, liegt der Schwerpunkt drei Fuß von jedem Ende entfernt, oder gerade in der Mitte. Wird die Stange auf diesen Punkt gestützt, so hält sie sich im Gleichgewicht, weil an beiden Enden die Schwere gleich ist. Dieser Punkt ist deßhalb der Schwerpunkt.

197. Wird die Eisenstange an einem Ende mit einer Kugel von gewisser Schwere beladen, so liegt der Schwerpunkt nicht mehr in der Mitte, sondern näher nach dem schwerern Ende zu. Heften wir aber eine Kugel derselben Schwere an beide Ende, so liegt der Schwerpunkt wieder in der Mitte.

198. Eine bemerkenswerthe Erläuterung der dargelegten

Grundsätze ist im Fall der Erde und des Mondes geboten. Die Erde beschreibt eine Bahn um die Sonne, in Folge der schon dargelegten Ursache, nämlich der Anziehung der Sonne; anstatt daß aber der Mittelpunkt der Erde die elliptische Bahn um die Sonne beschreibt, geschieht dies vom Schwerpunkt der Erde und des Mondes. Dies ist auf folgende Weise zu erklären: die Erde ist auf ihrer Bahn mit dem Monde, einem Körper von ungefähr dem siebzigsten Theile ihrer Masse, beschwert; mit andern Worten, der Mond ist wie eine kleine Kugel, die an einem Ende einer Stange befestigt ist, während die Erde oder die größere Kugel sich am andern Ende befindet — als eine solche Stange läßt sich die gegenseitige Anziehung der Erde und des Mondes betrachten. Deßhalb liegt der Schwerpunkt von Erde und Mond auf einem Punkte zwischen den Mittelpunkten von Erde und Mond. Dieser Punkt liegt nicht weit unter der Oberfläche der Erde. Würde die Erde jemals auf die Sonne zufallen, so müßte dieser Punkt am geradesten darauf zugehen.

199. Wird ein unregelmäßig geformter Körper an verschiedenen Punkten nach einander aufgehängt, so können wir dadurch erfahren, wo der Mittelpunkt der Schwere eines Körpers liegt; wenn wir beobachten, daß die vom Aufhängungspunkt nach der Grundlage gezogene gerade Linie mehremale durch denselben Punkt geht, so ist dieser Punkt der Schwerpunkt. Hängt man z. B. eine Malerpalette an dem Loche oben auf, so geht die Linie zur Grundlage nothwendig von A nach B. (Fig. 5.) Man hänge sie alsdann an einen Punkt D und man erhält alsdann eine neue Linie zur Grundlage, welche die Linie AB durchschneidet. Der Ort, wo die Linien sich durchschneiden, ist der Schwerpunkt. Versetzt man den Aufhängungspunkt nach C, so erhält man denselben Durchschnittspunkt in AB und ein ähnliches Ergebniß wird auf jede Veränderung des Aufhängungspunktes folgen.

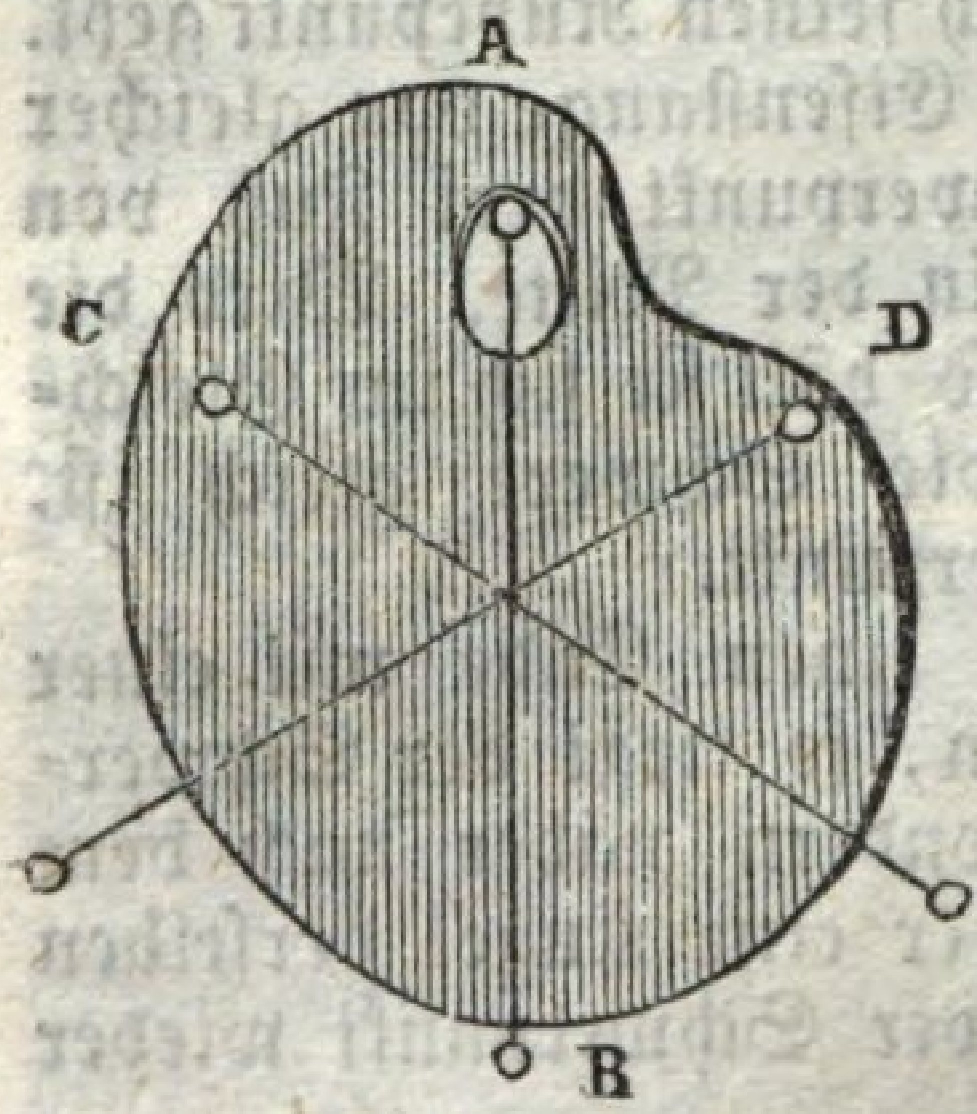


Fig. 5.

200. In den verschiedenen natürlichen Gebilden des Thier- und Pflanzenreichs hat der Schwerpunkt stets eine solche Lage, daß ein richtiges Gleichgewicht und eine Harmonie der Theile entsteht. Jedes Thier wird auf seinen Gliedern in

gehörigem Gleichgewicht gehalten und jeder Baum hat eine Neigung, in senkrechter Richtung zum Mittelpunkt der Erde emporzuwachsen, mag er auf einer horizontalen oder schiefen Ebene stehen. Einige Thiere können sich dem Gesetz der Schwere entgegen bewegen, z. B. Fliegen, die an der Decke eines Zimmers kriechen, allein in solchen Fällen sind andere Naturkräfte angewandt, um den Thieren einen festen Halt zu ertheilen.

201. Unsere Anschauung vom Schönen, sowohl in der Natur wie in der Kunst, ist sehr davon abhängig, daß die betrachteten Gegenstände in Bezug auf Erhaltung ihres Gleichgewichtes gebildet sind. Ein aufrechtstehender oder gehörig im Gleichgewicht befindlicher Mensch, Thurm ꝛc. sind dem Gesichtssinn angenehmer, als solche, die sich nach einer Seite neigen; wir hegen die Empfindung, als werde durch einen seitwärts geneigten Gegenstand der Natur Gewalt angethan. So auch verwirrt die Ansicht von Linien und Gegenständen, welche in einem durch die Wogen bewegten Schiff von der senkrechten Richtung abschwanken, alle unsere Vorstellungen von dem, was mit der Natur übereinstimmt, und wirkt darauf hin, unsere Sinne zu verwirren und uns seekrank zu machen.

202. In Folge dieser bestimmten Auffassung vom Schönen und Angenehmen sind alle Künstler, abgesehen von der Nützlichkeit senkrechter Bauten, ängstlich bemüht, bei Gebäuden die wahre senkrechte Linie zu bewahren. Deßhalb benutzen sie stets ein sogenanntes Senkblei, d. h. eine Schnur mit einem kleinen Bleiloth am Ende, welche an einem hölzernen Rahmen hängt. Dies Instrument wird bei den Ecken des Baues so wie er fortschreitet angewandt und zeigt, ob die wahre senkrechte Linie bewahrt wurde. Mauern die von der geraden Richtung nicht abweichen, heißen nach diesem Instrument, lothrecht.

Der Pendel.

203. Die Schwere, welche Körper fallen läßt, bewirkt auch, daß sie sich vorwärts und rückwärts schwingen, wenn sie von einem Punkte aus frei oder an einem Faden hängen und wenn sie einmal nach einer Seite bewegt sind, so daß sie eine Gelegenheit zum Fallen erhalten. Ein in dieser Weise aufgehängter Körper, heißt ein Pendel.

204. Pendel bestehen gewöhnlich aus einer Stange oder Draht von Metall, an dessen unterem Ende ein schwe-

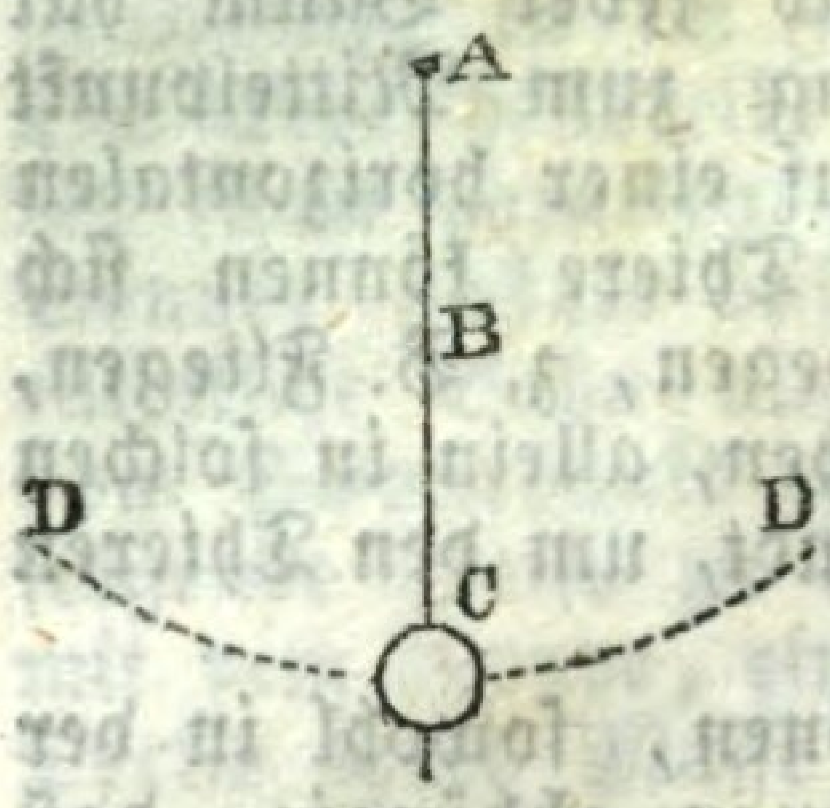


Fig. 6.

res Stück Messing oder anderes Metall als Scheibe oder Kugel befestigt ist. Bewegt sich der Pendel, so vollbringt er seine Schwingungen und der Weg, den die Scheibe oder Kugel in den Schwingungen zurücklegt, heißt der Bogen, wegen der Aehnlichkeit mit einem Kreisbogen.

205. In Figur 6. ist ein Pendel der gewöhnlichsten Art dargestellt. A ist die Achse oder der Aufhängungspunkt, B ist die Stange, C ist die Metallkugel oder Scheibe, die durch eine Schraube hinten an eine Stange befestigt ist, durch welche Schraube man sie an der Stange höher oder niedriger stellen kann. DD ist der Bogen, welchen die Scheibe in ihrer Schwingung beschreibt. Ist der Pendel in Ruhe, so hängt er senkrecht wie hier dargestellt worden ist und der Ort, den die Scheibe einnimmt, heißt der Punkt der Ruhe.

206. Der Pendel bleibt ruhig bis seine Scheibe oder Kugel bei Seite gezogen wird, um ihm Gelegenheit zu geben, sich auf seiner Achse zu schwingen. Die Scheibe, welche so an einer Seite zu einer Höhe erhoben wurde, hat durch die Kraft der Schwere eine Neigung, auf den Boden zu fallen; da sie aber durch die Stange, woran sie hängt, zurückgehalten wird, so muß sie eine Schwingung zu dem Punkte ausführen, wo sie früher ruhend unmittelbar unter dem Aufhängungspunkte hing. Allein hier hält sie nicht an. Sie hat eine genügende Geschwindigkeit erlangt, um in aufsteigender Bewegung einen beinahe so hohen Punkt an der entgegengesetzten Seite zu erreichen, wie derjenige war, von welchem man sie herabfallen ließ. Alsdann fällt sie durch eigenen Anstoß in demselben Bogen wieder zurück und erhebt sich auf beinahe den Punkt, von wo sie ausging. So wird die Schwingung hin und her durch den Pendel selbst für eine gewisse Zeit ausgeführt, bis die Kraft verbraucht worden ist und er zuletzt in einen Zustand der Ruhe in seiner ursprünglichen hängenden Lage unter den Aufhängungspunkt geräth.

207. Bei jeder Pendelschwingung wird, wenn eine äußere Kraft nicht mitwirkt oder hilft, die Länge des Weges oder der von der Scheibe durchzogene Bogen um einen kleinen Grad vermindert. Dies entsteht aus zwei Ursachen, aus dem von der Atmosphäre gebotenen Hinderniß und der

Reibung des Pendels an seiner Achse oder auf dem Aufhängungspunkte. Diese Ursachen bringen deßhalb den Pendel früher oder später zur Ruhe, wenn nicht äußere Kraft irgend einer Art angewandt wird, um seine Wirksamkeit zu erhalten.

208. Die Scheibe oder Kugel am Pendel beschreibt wie erwähnt wurde, die Figur eines Bogens. Dieser Bogen ist ein gewisser Theil eines Kreises. Die Ausdehnung dieses Theiles hängt von der Kraft ab, welche den Pendel in Bewegung setzt oder ihn zur Seite zieht, um ihn wieder fallen zu lassen. Da ein Kreis in 360 Grade eingetheilt wird, so kann die Kugel oder Scheibe sich über 5, 10, 20, oder eine andere beliebige Zahl von Graden unter 180, welches der Halbkreis ist, bewegen. Die Ausdehnung des Bogens, welcher unter gewöhnlichen Umständen beschrieben wird, beträgt 10 — 20 Grad.

209. Wenn die Scheibe eines Pendels einen Bogen nicht über vier oder fünf Grade beschreibt, so besitzt derselbe, wie man bemerkt hat, die Eigenschaft der Gleichzeitigkeit, d. h. er geht über seinen Punkt der Ruhe stets in demselben Zwischenraum der Zeit hinaus, ob er 1, 2, 3, 4 oder 5 Grade zurücklegt, und vollbringt so seinen Weg in genau demselben Zeitraum. Bei der ersten Ansicht scheint dies zweifelhaft, allein eine Betrachtung der Umstände zeigt, daß diese Angabe vollkommen genau ist. Die Ursache der Erscheinung liegt darin, daß der Pendel, welcher eine größere Ausdehnung des Bogens beschreibt, größere Geschwindigkeit besitzt, als derjenige, welcher sich nur über eine kleinere Ausdehnung bewegt. Man muß jedoch hiebei beachten, daß der Vergleich über die Länge der Zeit in der Schwingung allein auf eine gegebene Länge der Stange anwendbar ist, d. h. wir dürfen die Zeit, welche eine lange Stange braucht, nicht mit der Zeit, welche eine kürzere Stange braucht, vergleichen, sondern man muß in jedem Fall bei einer Pendelstange bleiben, von welcher Länge dieselbe auch sein mag.

210. Ein Pendel mit einer langen Stange schwingt sich langsamer, wie der mit einer kleinen. Die Zeit wird jedoch nicht in genauem Verhältniß länger, wie wir die Stange ausdehnen. Die Schwingung entspricht dem Falle der Körper. Der Raum, welcher von einem fallenden Körper in 1, 2, 3, 4 Sekunden durchlaufen wird, steht nicht im Verhältniß zu 1 2 3 4 u. s. w., sondern in dem von 1 4 9 16 25 u. s. w., oder nach dem Quadrat der Zeit, welche der

Fall ausfüllte. Beim Pendel hat man bemerkt, daß seine Länge sich wie das Quadrat der Schwingungszeit verhält. Wenn z. B. die Zeit einer Schwingung von zwei Pendeln 1 und 2 Sekunden ist, so wird die Länge der Pendel sich wie 1 zu 4 verhalten; und wird die Länge verschiedener Pendel, wenn die Zeit einer Schwingung bei ihnen wie 1 2 3 4 ist, wie 1 4 9 und 16 sein.

211. Da die Schwingungen der Pendel durch die Schwere der Erde bewirkt werden, so folgt als natürliches Ergebniß, daß die Neigung der Scheibe sich zu schwingen vermindert, sobald die Kraft der Schwere geschwächt wird. Dies Ergebniß läßt sich auf verschiedenen Theilen der Erde bestimmt beobachten. Da die Erde am Aequator etwa in der Dicke von 7 Meilen auf den Durchmesser vorragt, oder 3½ Meilen von der Oberfläche zum Mittelpunkt, und da die Anziehung der Schwere von dem Mittelpunkt ausgeht, ist die Kraft der Anziehung auf der Oberfläche vom Aequator schwächer wie auf der Oberfläche der Pole. Auf jedem Theil der Oberfläche zwischen Aequator und Polen findet sich eine verhältnißmäßige Steigerung der Schwere. Außer der durch die größere Entfernung der Oberfläche vom Mittelpunkt am Aequator hervorgebrachten Wirkung hilft die Centrifugalkraft, welche um den Aequator am stärksten ist, bei der Schwächung der Anziehungskraft.

212. In Folge dieser Ursachen schwingt sich ein Pendel von gegebener Länge am Aequator langsamer wie an den Polen. Im Verhältniß wie wir auf der Oberfläche der Erde vom Aequator zu den Polen fortschreiten, schwingt sich der Pendel um so schneller. Um deßhalb Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit in Pendeln in verschiedenen Theilen der Erde hervorzubringen, d. h. damit sie sämmtlich in einer Sekunde sich schwingen, muß ihre Länge nach der Entfernung der Orte vom Aequator angeordnet werden. So hat jeder Grad der Breite seine bestimmte Pendellänge.

213. Die gleichförmige Schwingung des Pendels macht ihn zum nützlichen Werkzeug, um die Bewegung der Uhren für das Zeitmaß zu ordnen. Bei der gewöhnlichen Uhr ordnet ein Pendel mit dem Räderwerk verbunden und durch Gewichte oder durch eine Stahlfeder angetrieben die Bewegung der Minuten und Stundenzeiger auf dem Zifferblatt, wodurch die Tageszeit angegeben wird. Würde kein Pendel gebraucht, so müßten die Räder sehr unregelmäßig gehen. Der Pendel ist in seiner Länge so angeordnet, daß er in der Minute 60 Schwingungen (jede Schwingung

eine Sekunde) zurücklegt. Bei jeder Schwingung wirkt er auf den Zahn eines Rades, welches die übrige Maschine dreht. Damit der Pendel weder schneller noch langsamer sich schwingt, wie 60mal in der Minute, muß er in der Breite von London 39¹/₇ Zoll vom Aufhängungspunkte bis zum Mittelpunkte der Schwingung lang sein. Ein Pendel in Edinburgh muß um etwas länger sein. Auf die Bestimmung der Länge muß die größte Sorgfalt verwandt werden, denn ein Unterschied in der Ausdehnung von ¹/₁₀₀₀ Zoll würde für den Tag einen Irrthum von etwa einer Sekunde hervorbringen. Um deßhalb einen Pendel um eine Sekunde langsamer gehen zu lassen, muß man ihn um ¹/₁₀₀₀ Zoll verlängern; um ihn schneller gehen zu lassen, muß man ihn in demselben Verhältniß verkürzen.

214. Man kann kurze Pendel zu Anordnung der Bewegung von Uhren, ebenso wie lange, gebrauchen; dies geschieht in Fällen, wo lange Pendel unbequem oder im Aeußern nicht elegant sein würden. Man verkürzt alsdann den Pendel um ¹/₄ seiner gewöhnlichen Länge, wodurch er zweimal statt einmal in der Sekunde schlägt. Das Räderwerk wird alsdann so eingerichtet, daß es dieser Anordnung entspricht.

215. Da man die Uhrpendel aus einer Metallstange verfertigt, so werden sie in der Sommerhitze ausgedehnt und in der Winterkälte verkürzt; dadurch wird die Einförmigkeit ihrer Bewegung vernichtet. Verschiedene Vorrichtungen sind getroffen worden, um diese Wirkung in der Bewegung der Uhren auszugleichen, und die so verfertigten Pendel heißen Compensationspendel (Ausgleichungspendel). Die Theile der Stangen dieser Pendel sind so verfertigt und angeordnet, daß, wenn ein Theil sich niederwärts ausdehnt, ein anderer sich zugleich nach oben ausdehnt, wodurch die von der Temperatur bewirkte Abwechslung sehr vermindert wird.

216. In der sich bewegenden Masse jeden Pendels findet sich ein Punkt, welcher der Mittelpunkt der Schwingung heißt. Der Mittelpunkt der Schwingung kann in der Stange, ebenso wie in der Kugel oder Scheibe oder sogar unter dem Pendel, je nach den Umständen liegen. Um dies zu verstehen, muß man beachten, daß die Theilchen der Materie, wenn jedes Theilchen im sich schwingenden Körper abgesondert sich schwingen könnte, in der Nähe der Achse sich schneller schwingen würden, wie diejenigen, welche weiter von ihr entfernt sind. Obgleich

die verschiedenen bildenden Theilchen, wegen ihrer genauen Verbindung mit einander, diesem Streben nicht gehorchen können, ist das Streben dennoch vorhanden. Die nähern Theilchen werden von den entfernteren aufgehalten und die entfernteren werden von den nähern beschleunigt. So findet sich ein gegenseitiger Austausch der Einflüsse unter den Theilchen des sich schwingenden Körpers. Irgendwo in der Masse findet sich aber ein Punkt, wo der gegenseitige Austausch so vollkommen ausgeglichen wird, daß die Einflüsse sich einander aufheben oder neutralisiren; das auf diesem Punkt gelegene Theilchen der Materie, schwingt sich also, als sei es mit irgend einem andern Theile des Körpers nicht verbunden. Dieser Punkt heißt der Mittelpunkt der Schwingung.

217. Der Mittelpunkt der Schwingung eines Pendels läßt sich auf folgende Weise entdecken. Man nehme einen gewöhnlichen Pendel und bringe ihn in Schwingung, alsdann nehme man eine kleine Bleikugel und hänge sie an einen kleinen Faden von derselben Achse wie der des Pendels hinab. Diese Kugel und diesen Faden kann man einen einfachen Pendel nennen. Einfach ist er, weil die Schwere des Fadens für nichts gelten kann, und die Kugel sich mit dem möglichst kleinsten Widerstand schwingt; dadurch ist sie zu Versuchen geeignet. Dieser einfache Pendel wird vor dem gewöhnlichen Pendel in Schwingung gesetzt, und sein Faden muß verlängert oder verkürzt werden, je nach dem Bedürfniß, damit die Bleikugel genau sich in demselben Raum oder mit derselben Geschwindigkeit wie der gewöhnliche Pendel bewegt. Hat man die beiden Geschwindigkeiten genau gleichförmig gemacht, so halte man beide Pendel an, und der Mittelpunkt derjenigen Stelle am gemeinen Pendel, welchen die Kugel bedeckt (vorausgesetzt, die Kugel ist vollkommen kreisförmig), bildet den Mittelpunkt der Schwingung.

218. Die Auffindung des Mittelpunktes der Schwingung gewährt keinen praktischen Nutzen in Bezug auf Uhren, ist aber in wissenschaftlicher Hinsicht interessant wegen der Schlüsse, die man daraus bilden kann. Z. B. wenn wir eine gerade oder gleichförmig dicke Stange Holz oder Metall nehmen und sie als Pendel aufhängen, so können wir, vermittelst der angegebenen Weise, herausbringen, der Mittelpunkt der Schwingung finde sich an einem gewissen Orte. Nehmen wir alsdann den Pendel von seiner Achse, kehren ihn um und hängen ihn an dem angezeigten

Orte auf, so werden wir merken, daß er in Bewegung gesetzt, sich in Uebereinstimmung mit der bleiernen Kugel an einem Faden wiederum schwingt. So ist der Mittelpunkt der Schwingung und der Punkt der Aufhängung veränderbar, ohne daß eine Veränderung in der Art der Schwingung hervorgebracht wird. Dies Ergebniß scheint zuerst sonderbar; bei näherer Betrachtung aber wird man finden, daß ein Theil bei Umkehrung des Pendels über die Achse gestellt wird; deßhalb wird die Geschwindigkeit, welche aus der Verkürzung des Pendels folgen müßte, durch den verzögerdnen Einfluß des Theiles über der Achse ausgeglichen.

Die Gesetze der Bewegung.

219. Die Bewegung, wie schon erwähnt, ist Veränderung des Ortes oder Gegensatz der Ruhe.*

220. Nach den allgemein gegebenen Erklärungen erhellt es, daß die Bewegung der Körper ebenso natürlich ist wie die Ruhe, und daß die Materie sich leidend jedem dieser beiden Zustände unterwirft, vorausgesetzt, daß keine äußere Kraft oder Hinderniß eine Veränderung des Zustandes bedingt.

221. Diese und andere Grundgesetze der Natur in Bezug auf Ruhe und Bewegung der Materie sind von Newton in den folgenden drei Sätzen dargelegt:

1) Jeder Körper muß im Zustande der Ruhe oder einförmiger Bewegung in gerader Linie verharren, wenn er nicht gezwungen wird, diesen Zustand durch andere auf ihn einwirkende Kräfte zu verändern.

2) Jede Veränderung der Bewegung steht im Verhältniß zur einwirkenden Kraft und muß auch in der Richtung der geraden Linie geschehen, worin die Kraft einwirkt.

3) Die Wirkung muß stets der Gegenwirkung gleich und entgegengesetzt sein, oder die Wirkungen von zwei Körpern auf einander müssen gleich und ihre Richtungen entgegengesetzt sein.

222. Diese Sätze werden wir besonders behandeln. In dem ersten Satz verdienen drei Punkte Beachtung, nämlich die Fortdauer, die Gleichförmigkeit und die gerade Linie der Richtung bei der Bewegung von Körpern.

* In wissenschaftlicher Sprache heißen die Natur und die Gesetze der Bewegung Dynamik, von dem griechischen Wort für Kraft, während die Grundsätze der Kräfte im Gleichgewicht Statik heißen, vom griechischen Wort für stehen oder in Ruhe sein.

Gleichförmige Bewegung in gerader Linie.

223. Wie schon bemerkt wurde, ist es unmöglich, Fortdauer und Gleichförmigkeit der Bewegung in Körpern auf der Erde oder in Nähe derselben zu erhalten; denn alle Körper werden früher oder später durch die Kraft der Anziehung, durch Reibung und durch den Widerstand der Atmosphäre zur Ruhe gebracht. Man kann deßhalb nur bei großen Naturwerken und Planetarkörpern die Gesetze der Natur vollkommen erläutern. Bei diesen ist die Bewegung gleichförmig und bleibend fortgesetzt. Die Erde bewegt sich z. B. in gegenwärtigem Augenblick mit derselben Regelmäßigkeit und ruhigen Stetigkeit wie vor tausend Jahren. Wegen dieser Regelmäßigkeit und bleibenden Dauer oder Fortbewegung können Astronomen Verfinsterung der Sonne oder anderer Himmelskörper auf jede Entfernung der Zeit berechnen. Sie können auf einen Augenblick vorhersagen, an welchem Theile ihrer Bahn Sonne und Mond sich nach tausend Jahren befinden werden. Auch die Bewegungen der Planetarkörper bieten eine Einheit, wonach man den Lauf der Zeit berechnen kann. *

Wir nennen den Zeitraum, in welchem die Erde ihre Bahn um die Sonne zurücklegt, ein Jahr; die Umdrehung der Erde um ihre Achse einen Tag; die Umdrehung des Mondes um die Erde einen Monat; und diese Perioden theilen wir in Wochen, Stunden, Minuten und Sekunden. So läßt sich die Zeit mit niemals irrender Genauigkeit berechnen. Die Bewohner anderer Planeten benützen wahrscheinlich dasselbe Mittel, ihre Zeit zu berechnen; jeder Planet jedoch hat seine besondere Länge des Jahres und Tages, je nach der Zeit, die er auf seiner Bahn um die Sonne und bei der Umdrehung um seine Achse braucht. Im Jupiter beträgt das Jahr beinahe zwölf unserer Jahre und die Länge des Tages beinahe 10 Stunden; im Mars beträgt das Jahr ein Jahr unserer Jahre und 321 Tage, und der Tag 24 Stunden 39 Minuten. In der Venus beträgt das Jahr nur 224 Tage und der Tag 23 Stunden 21 Minuten.

* Die Bewegungen der Planetarkörper werden hier als gleichförmig bezeichnet; genau genommen ist dies nicht der Fall. In der Astronomie wird dargelegt werden, daß gewisse Unregelmäßigkeiten in den Bewegungen der Planeten stattfinden, welche durch ihre Einwirkung auf einander veranlaßt werden; da jedoch diese Unregelmäßigkeiten sich berechnen lassen, und die Harmonie der bleibenden Bewegung im Weltsystem nicht stören, so sind sie hier nicht erwähnt worden.

224. Die Richtung eines Körpers, sich in gerader Linie vom Punkte, wovon er ausgeht, zu bewegen, ist ebenso die Eigenschaft der Materie wie die Einförmigkeit der Bewegung. Denken wir uns einen Körper, der durch eine gegebene Kraft in Bewegung gesetzt wird, und zugleich, daß kein Hinderniß zu Unterbrechung derselben da ist, indem keine Anziehungskraft ihn seitwärts biegt, so werden wir vollkommen begreifen, daß ein sich bewegender Körper wegen seiner Trägheit in gerader Linie fortschreiten muß; ein solcher muß für immer den geraden Weg einschlagen.

Centrifugalkraft und kreisförmige Bewegung.

225. Körper, die sich um einen Mittelpunkt schwingen, haben eine Neigung, in gerader Linie fortzudringen, und dieser Grundsatz der Bewegung heißt, wie schon erwähnt, Centrifugalkraft. Beispiele dieser Neigung sind sehr gewöhnlich. Drehen wir eine Schleuder mit einem Steine und lassen den Stein plötzlich fortfliegen, so geht er zuerst sichtbar in gerader Linie fort, wird aber allmählig zur Erde durch Anziehung gezogen. Drehen wir einen runden Mühlstein, während ihn das Wasser berührt, so sehen wir einen Strahl Wasser sich vom Stein erheben und davonschwingen; je schneller wir den Stein drehen, mit um so größerer Kraft schwingt sich das Wasser hinweg. Beim Mahlen des Kornes durch zwei auf einander wirkende und schnell sich drehende Steine wird das Korn an der Oeffnung im Mittelpunkte schnell gegen die Ränder der Steine getrieben und als Mehl herausgeworfen. Thun wir Wasser in ein Geschirr und drehen es schnell nach einer Richtung, so finden wir, daß das Wasser entweichen will und sich zu dem Rande des Gefäßes erhebt. Die Richtung, vom Mittelpunkt sich hinwegzuschwingen, wird in der Töpferarbeit benutzt; weicher Thon wird auf ein umdrehendes Rad gelegt, breitet sich schnell nach dem Umfang desselben hin aus und wird durch die Hand des Töpfers in eine Form gebracht. Bei der Bildung des gewöhnlichen Fensterglases wird der Grundsatz der Centrifugalkraft ebenfalls angewandt. Eine dicke, runde Glasmasse, durch Wärme erweicht und in der Mitte an einer eisernen Stange befestigt, wird schnell umgedreht, zuerst in einer Richtung, dann in der entgegengesetzten. Durch die Fortsetzung dieser abwechselnden drehenden Bewegung, bis das Glas abgekühlt ist, hat es sich in eine große, dünne, kreisförmige Platte verwandelt.

Nachher werden viereckige Stücke aus dieser Platte geschnitten.

226. Reiter neigen immer ihre Körper einwärts, wenn sie auf einem Pferde stehen, welches im Kreise umläuft. Da die Centrifugalkraft eine Neigung hat, sie auswärts zu treiben, so wird derselben durch die Neigung einwärts entgegengewirkt und so erlangen ihre überhängenden Körper eine Art Stütze. Ein Pferd, welches im Kreise läuft, oder sich schnell um eine Ecke wendet, nimmt natürlicher Weise dieselbe Stellung an und lehnt sich einwärts. Der Schlittschuhläufer, welcher einen kreisförmigen oder krummlinigen Weg auf dem Eise beschreibt, lehnt sich ebenfalls einwärts, und zwar bis zu dem Grade, daß er nothwendig auf die Seite fallen müßte, wenn er in dieser Stellung bleiben würde; allein die Centrifugalkraft, welche eine Neigung hat, seinen Körper außerhalb der krummen Linie oder in der geraden Linie der Bewegung fortzutreiben, hält ihn ebenso aufrecht wie den Reiter und er bewegt sich demnach anmuthig und sicher auf dem kreisförmigen Wege. Bei diesem und andern Beispielen sehen wir die Schwerkraft durch die Centrifugalkraft überwältigt. In Folge dieses Grundsatzes ragt die Erde zur Dicke von sieben Meilen auf dem Umfange am Aequator hervor, wo die Kreisbewegung am schnellsten ist.

227. So ist Centrifugalkraft die Neigung in einer geraden Linie oder Tangente aus der Bewegung um einen Mittelpunkt sich fortzuschwingen und die Kraft, welche Körper daran verhindert und sie zum Mittelpunkt zieht, ist wie erwähnt, die Centripetalkraft. Alle Körper, die sich im Kreise bewegen, sind der Wirkung dieser beiden entgegengesetzten Kräfte ausgesetzt, wovon Figur 7. ein Beispiel gibt. A ist ein Punkt, woran eine Schnur mit einer Kugel B am Ende befestigt ist. Zwingt man die Kugel B zur Bewegung, so beschreibt sie einen Kreis um den Punkt A, worin die Schnur die Centripetalkraft ist. Da jedoch die Kugel beim Drehen eine beständige Neigung hat, sich fortzuschwingen, wenn sie von der Schnur befreit wird, so wird sie bei C befreit in der geraden Linie CD vorwärts fliegen, bei E in der Linie

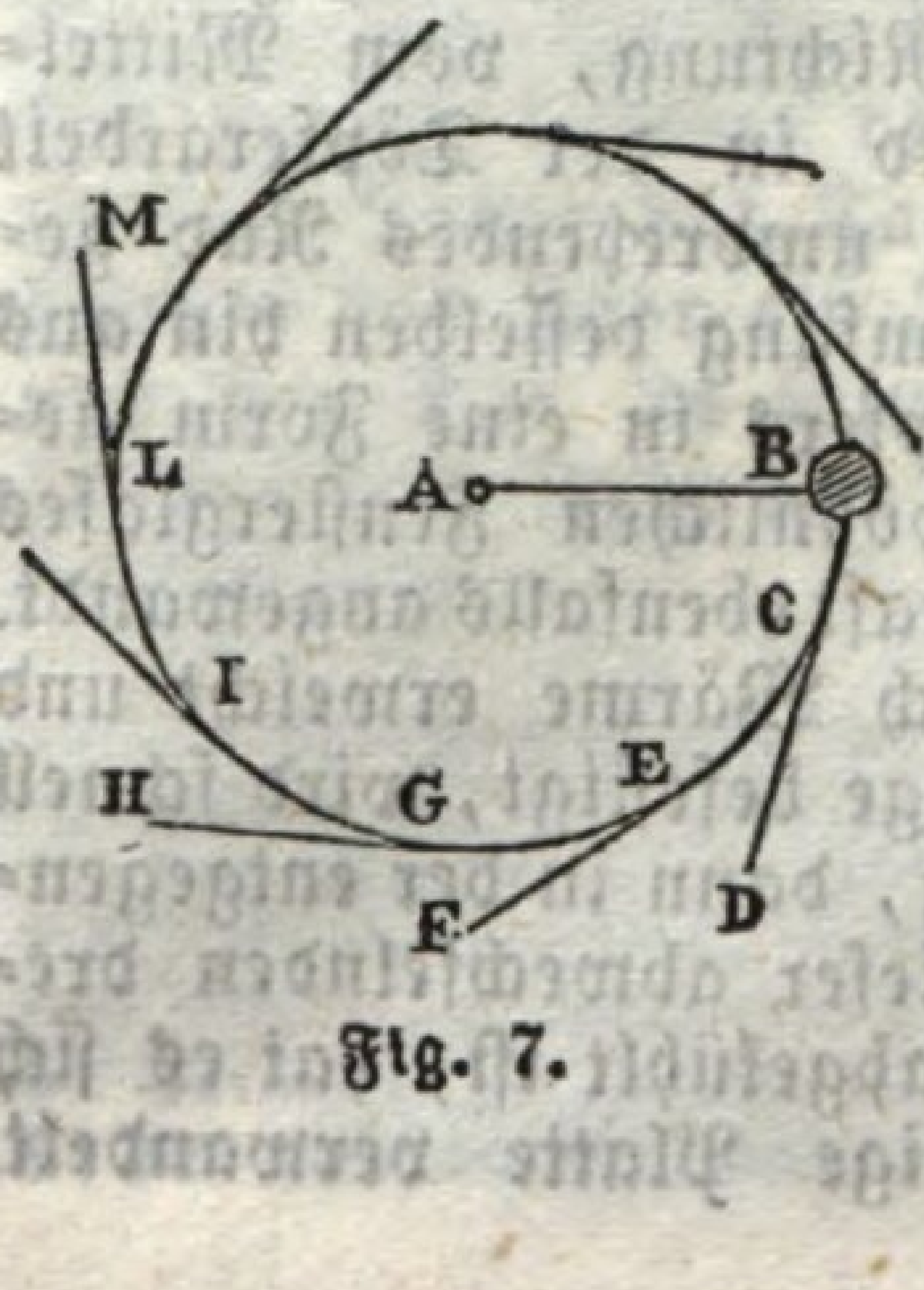


Fig. 7.

EF, bei G in der Linie GH u. s. w. bei jedem Punkt des Kreises.

228. Die gegenseitige Wirkung der Centrifugal- und Centripetalkräfte findet sich bei der Kreisbewegung nach einem gewissen Verhältniß. Wird die Masse des sich drehenden Körpers vermehrt, indem seine Entfernung vom Mittelpunkt und seine Geschwindigkeit dieselbe bleibt, so wird seine Centrifugalkraft sich in demselben Verhältniß steigern. Wird die Entfernung vom Mittelpunkt vermehrt, während die Masse und Umdrehungszeit dieselbe bleibt, so wird auch die Centrifugalkraft in demselben Verhältniß vermehrt. Wenn die Zahl der Umdrehung in gegebener Zeit zweimal so viel wird, während die Entfernung und die Masse unverändert bleibt, so wird die Centrifugalkraft viermal so groß; wenn die Umdrehungen dreimal so viel sind, wird die Kraft neunmal so groß, wenn viermal so viel, wird sie sechzehnmal so groß u. s. w. in selbem Verhältniß. Da die Massen der Planeten und ihre Entfernungen von der Sonne verschieden sind, so bieten auch die darauf wirkenden Kräfte ähnliche Verschiedenheiten.

229. Die Linie, um welche ein Körper seine drehende Bewegung ausführt, heißt eine Achse. Diese Achse kann man allein sich denken, wie bei der Erde, oder sie ist wirklich vorhanden, wie beim Rade. Der Körper kann sich an zwei Hervorragungen oder Zapfen, die in Behältern ruhen, umdrehen, und in dem Fall ist die Achse eine gerade Linie, welche die Zapfen verbindet; oder er kann sich auf einer cylindrischen Stange von einem kleinen Durchmesser umdrehen, welcher durch den Körper geht, wie ein Rad an der Achse. Es ist offenbar, daß jeder Theil des Körpers während der Umdrehung einen Kreis beschreibt, dessen Mittelpunkt in der Achse des Rades liegt.

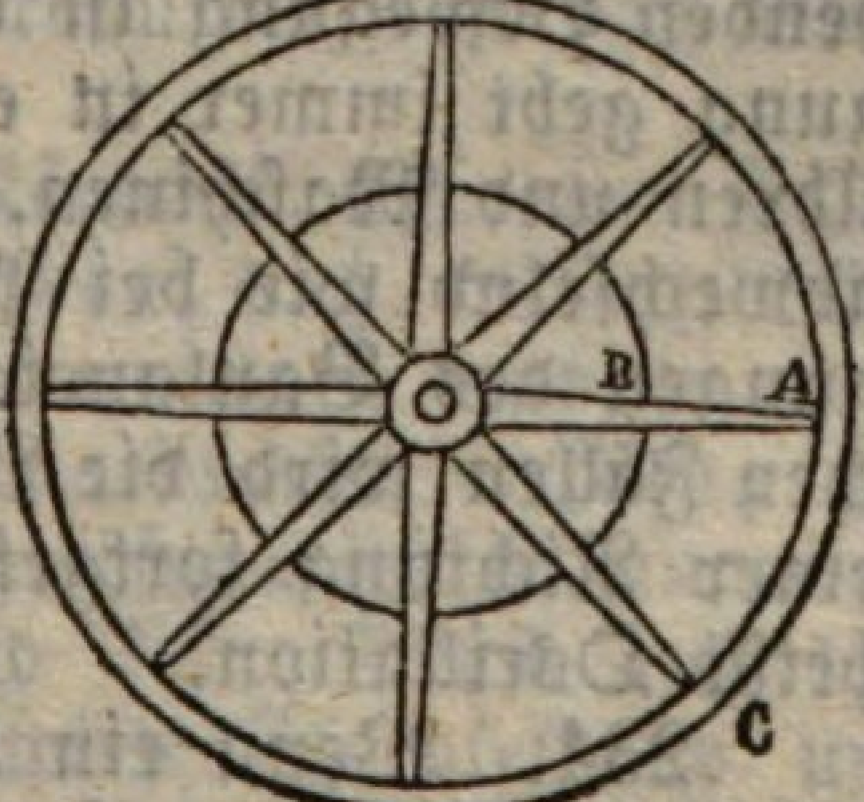


Fig. 8.

230. Bei der Umdrehung eines Rades um die Achse hat derjenige Theil, welcher in größter Entfernung vom Mittelpunkt liegt, die größte Geschwindigkeit und auf diesem äußersten Theil des Umfangs ist die Centrifugalkraft am größten, z. B. in der Darstellung des Rades mit Speichen, welche sich vom Mittelpunkt ausdehnen, ist die Geschwindigkeit am äußersten Punkte der Speiche in A größer wie in B, der halben Entfernung

vom Mittelpunkt; der Punkt B dreht sich aber so oft wie der Punkt A, weil er einen kleineren Kreis zu beschreiben hat.

231. Auf diese Weise muß sich die Geschwindigkeit drehender Körper im Verhältniß der Entfernung vom Mittelpunkt der Bewegung vergrößern. Daher wird die am Mittelpunkt verhältnißmäßig geringe Centrifugalkraft dem Umfang zu ungemein vergrößert. Steigert man die Kraft und die Geschwindigkeit eines sich umdrehenden Körpers, so wird die Centrifugalkraft so groß, daß sie in einigen Fällen den Zusammenhang der Materie im Körper überwältigt, ihn zerbricht und in Stücken fortfliegen läßt. Wenn Mühlsteine mit zu großer Schnelligkeit gedreht werden, so werden sie leicht zerstört, indem sie zerstückt bei großer Gefahr der sie Gebrauchenden sich hinwegschwingen.

232. Die Gewalt der Centrifugalkraft bei schnell sich drehenden Körpern kann so groß werden, daß sie die Schwerkraft überwindet. Dreht man einen Stein in der Schleuder, so fällt der Stein nicht heraus. Das folgende ist noch ein auffallenderes Beispiel. Man stelle einen Krug mit Wasser auf die Innenseite vom Rande eines Rades, das wenige Fuß im Durchmesser hat, beginne alsdann allmählig die schnelle Bewegung des Rades und man wird bemerken, daß der Krug seinen Platz behält, indem er sich vollkommen festbleibend umdreht, und daß sogar kein Wasser vergossen wird. So wird die Schwere oder die Neigung herabzufallen von der Centrifugalkraft überwunden. Wäre der Krug in eine Stellung im Rade nah am Mittelpunkt der Bewegung gebracht, wo die Centrifugalkraft schwach ist, so würde er plötzlich zu Boden fallen.

233. Wenn die Achse eines sich drehenden Körpers nur gedacht ist, so ist sie bisweilen selbst in Bewegung, wie die Achse der Erde. In den meisten Fällen der drehenden Bewegung ist die Achse unbeweglich und die Bewegung geht immer in einer Richtung, wie bei Rädern von Uhren und Maschinen. In einigen Fällen ist die Bewegung abwechselnd wie bei Pendelschwingungen, bei den Schwingungen des Banlanciers in der Dampfmaschine; in solchen Fällen wird die Bewegung nur auf eine kurze Zeit in einer Richtung fortgesetzt. Diese abwechselnde Bewegung heißt Oscillation.

234. Wenn ein Körper, welcher ruhend und frei ist, wie eine Kugel auf vollkommen glatter Ebene, die Einwirkung einer plötzlich wirkenden Kraft und in der Richtung seines Schwerpunktes erleidet, so wird der Körper

mit gleichförmiger Bewegung in der Richtung dieses Stoßes fortgetrieben werden, indem er allein eine übertragene Bewegung ohne eine drehende ausführt. Wenn der dem Körper gegebene Anstoß nicht in der Richtung des Mittelpunkts der Schwere liegt, so wird er dieselbe übertragene Bewegung erhalten; es ist ihm aber auch die Bewegung der Drehung um seinen Schwerpunkt mitgetheilt; in dem Fall ist jede der beiden Bewegungen genau dieselbe, als wäre die andere nicht vorhanden, d. h. die fortschreitende Bewegung ist dieselbe, als ginge die Richtung des Stoßes durch den Schwerpunkt, und die drehende Bewegung ist gerade diejenige, welche durch denselben Antrieb hervorgebracht sein würde, wenn der Körper eine feste Achse durch seinen Mittelpunkt hätte und um dieselbe sich drehte.

235. Es gibt einen Punkt in gewisser Entfernung von der Achse eines sich drehenden Körpers, an welchem, wenn alle seine Materie concentrirt wäre, letztere denselben Widerstand gegen die Mittheilung der drehenden Bewegung leisten würde, wie der ganze Körper selbst ihn leistet, vorausgesetzt, daß in beiden Fällen derselbe Anstoß und in derselben Entfernung von der Achse gegeben würde. Dieser Punkt heißt der Mittelpunkt der Kreisbewegung (Centrum der Gyration) und seine Entfernung von der Achse heißt der Radius der Kreisbewegung (Radius der Gyration). Dieser Mittelpunkt der Kreisbewegung entspricht dem Mittelpunkt der Schwingung in den sich schwingenden Körpern. Das Produkt der Zahl, welche die Masse oder Schwere eines Körpers darstellt, und derjenigen, welche das Quadrat der Länge dieses Radius bezeichnet, heißt das Moment der Trägheit, z. B. ein Rad habe 10 Pfund Schwere und der Radius seiner Kreisbewegung betrage 2 Fuß, dessen Quadrat 4 ist, so multiplizire man 10 mit 4, und das Produkt 40 ist das Moment der Trägheit.

236. Wenn die Theile eines Körpers um eine Achse der Drehung ebenmäßig vertheilt werden, d. h. wenn gleiche Theile des Körpers in gleichen Entfernungen und in entgegengesetzten Richtungen davon angebracht werden, so werden sich die entgegengesetzten Centrifugalkräfte einander das Gleichgewicht halten; es wird kein Druck auf die Achse stattfinden und der Körper wird sich bleibend um diese umdrehen. So wird sich eine Kugel von gleichförmiger Dichtigkeit fortwährend um einen ihrer Durchmesser umdrehen. Ein Cylinder von gleichförmiger Dichtigkeit

wird sich auch fortdauernd um seine Achse drehen. Ist der umdrehende Körper nicht gleichförmig oder auf seiner gedachten Achse im Gleichgewicht, so wird er eine unregelmäßige oder wackelnde Bewegung erhalten und schneller durch Reibung in den Zustand der Ruhe gelangen, als wäre er von regelmäßiger Dichtigkeit und befände er sich im gehörigen Gleichgewicht. Beispiele dieser Art sind sehr häufig.

Die Gesetze von den geworfenen Körpern.

237. Körper, welche durch den Stoß einer Kraft geschleudert werden, heißen geworfene Körper oder Projektile, oder Geschosse, und verfolgen eine krummlinige Richtung ihrer Bewegung. Die Biegung von der geraden Linie ist durch die Kraft der Schwere hervorgebracht, und die Veränderung steht mit der Kraft des Stoßes in Verbindung.

238. Eine aus einer Kanone geschleuderte Kugel, ein von der Hand geworfener Stein, Wasser, welches aus einem eingeschlossenen Gefäße herausgegossen wird, bieten bekannte Beispiele krummliniger Bewegung.

239. Es ist ein bemerkenswerthes Gesetz der Bewegung, daß ein horizontal geworfener Körper, mag die Wurfkraft groß oder klein sein, die Oberfläche der Erde von derselben Höhe aus in demselben Zeitraum erreicht, berechnet man nicht den Widerstand der Luft. Z. B. wenn man zwei Kanonen an demselben Ort und in demselben Augenblick in horizontaler Richtung abfeuert, wobei die eine Kugel eine Viertelstunde, die andere eine halbe Stunde Entfernung zurücklegt, so wird man finden, daß die Kugel, welche die größte Entfernung zurücklegt, genau dieselbe Zeit braucht, wie die andere, um den Boden zu erreichen.

240. Die Flugzeit, wie man dies nennt, der beiden Kugeln wird dieselbe sein, in welcher Richtung und mit welcher Schnelle sie auch abgefeuert werden, vorausgesetzt, sie erreichen beide dieselbe Höhe.

241. Der Grund, weßhalb dieselbe Länge der Zeit von beiden Kugeln zum Niederfallen gebraucht wird, liegt darin, daß sie beide von der Schwere im selben Maße niederwärts gezogen werden. Deßhalb erreicht eine Kugel, welche man senkrecht von einem hohen Thurme herabfallen läßt, den Boden nicht eher wie eine Kugel, welche in der Entfernung von einer Stunde in horizontaler Richtung abgeschossen wird.

242. Wirft man Körper durch die Atmosphäre, so wird in Bezug der Entfernung (Wurfweite) ein großer Vortheil gewonnen, wenn man sie von Höhen herabwirft, weil eine Kugel, aus einer hohen Lage in eine niedere geworfen, durch die Schwere mehr unterstützt, wie aufgehalten wird, bringt man ihren ganzen Lauf in Anschlag. Wenn die Kugel aus einer niederen Lage in eine höhere geworfen wird, wird sie zuerst durch Schwere in ihrem Aufsteigen verzögert, und da die Beschleunigung durch die Schwere nachher geringer ist, wie diese anfängliche Verzögerung, so kann sie nicht so weit gehen, oder hat keine so große Wurfweite, als wäre sie von einer Höhe geschossen worden. Geschickte Generale, wenn sie Städte aus einer Entfernung bombardiren, benutzen dies Gesetz der geworfenen Körper.

243. Wir sind jetzt vorbereitet, um eines der wichtigsten Gesetze der Dynamik zu betrachten, nämlich das Gesetz der Bewegung, welches einen Körper regiert, nachdem derselbe den Stoß einer Wurfkraft erhalten hat. Ein Geschoß zeigt eine Zusammensetzung der Bewegung, nämlich eine horizontale Bewegung vorwärts (wenn es in dieser Richtung geworfen ist), welche die treibende Kraft des Stoßes hervorbringt, und eine absteigende Bewegung, welche durch Schwere oder Anziehung der Erde hervorgebracht wird. Beide Bewegungen sind ungleich; sie sind nicht von derselben Geschwindigkeit. Die horizontale Bewegung ist gleichförmig, während die absteigende Bewegung nach dem Gesetz der Schwere in Bezug auf fallende Körper beschleunigt wird. Die Folge ist, daß ein Geschoß, wie schon erwähnt wurde, eine krumme Linie beschrejbt, wovon die Erhebung oben liegt.

244. Der Grad der Krümmung der Bewegungs- oder Fluglinie ist von dem Betrag der ursprünglich treibenden Kraft abhängig. Das Gesetz ist: je größer die treibende Kraft, oder je größer die ursprüngliche Geschwindigkeit, desto größer ist auch die Krümmung der Linie.

245. Man nehme an, daß die treibende Kraft genügend sein könnte, um eine Kanonenkugel zwei Meilen weit zu tragen, so würde man eine sehr weite Krümmung erhalten, um so mehr, wenn die Kugel von einer hohen Lage geschossen wäre. Man füge noch zu dieser treibenden Kraft hinzu und lasse die Kugel die doppelte Entfernung zurücklegen, alsdann wird die Krümmung noch weiter. Steigern wir auf diese Weise die treibende Kraft, so er-

theilen wir zuletzt der Kugel eine solche Bewegungskraft, daß sie die Welt umkreisen würde; anstatt daß sie Theile von krummen Linien beschriebe, würde sie einen ganzen Kreis beschreiben.

246. Diese Annahme führt uns zu ausgedehnten Schlüssen. Wir haben einen Grund, weßhalb die Planetarkörper krummlinige Bahnen in Bezug auf die Sonne angenommen haben. Die ursprünglich treibende Kraft des Stoßes, welchen sie empfingen, zwang sie in Verbindung mit der Kraft der Schwere zur Verfolgung krummer Linien in ihrer Bewegung; da sie einmal frei waren, so haben sie durch ein Gleichgewicht der Centrifugal- und Centripetalkräfte eine Kreisbewegung fortgesetzt, oder eigentlich eine elliptische — denn die elliptische Bewegung mußte entstehen, weil eine vollkommene Gleichförmigkeit zwischen den auf sie einwirkenden Kräften nicht vorhanden ist.

Eine Berechnung dieser Kräfte gehört in die Mathematik; wir werden darauf zurückkommen, wenn wir die Astronomie behandeln.

Wirkung und Gegenwirkung.

Wir kommen zur Betrachtung der ersten Angabe, in dem dritten Satze Newtons, Wirkung muß der Gegenwirkung stets gleich und entgegengesetzt sein.

247. Wirkung ist der von einer Kraft gemachte Eindruck. Ein Schlag ist eine Wirkung; Druck ist eine Wirkung; Widerstand ist Gegenwirkung; allein das Wort Widerstand drückt den Begriff Gegenwirkung nicht bestimmt genug aus, denn diese bezeichnet eigentlich nur das Zurückschlagen oder Zurückdrücken, wenn auch der geschlagene oder gedrückte Körper sich nicht bewegt.

248. Schlägt man mit einem Hammer auf einen festen Stein, so schlägt der Stein den Hammer im Augenblick der Berührung ebenso sehr, wie der Hammer den Stein. Steht aber der Stein nicht fest und kann leicht fortgerückt werden, so ist die Gegenwirkung geringer und der Stein erlangt eine Bewegungskraft. Wirft ein Knabe einen Ball gegen eine Mauer, so übt die Mauer auf den Ball Gegenwirkung und läßt ihn zurück springen. Wirft aber der Knabe seinen Ball auf eine Glasscheibe mit derselben Kraft, so macht das Glas ihm Platz, weil es nur einem Theile der Kraft zu widerstehen vermag. Nehmen wir in diesem Falle an, daß der Ball die Kraft von 4 und das

Glas die Gegenwirkung von 2 besitzt, so verliert der Ball, indem er durch das Glas dringt, 2 von seiner Kraft und behält die andern 2. Fährt er alsdann an eine andere Glasscheibe mit der entgegenwirkenden Kraft von 2, so wird er das Glas nicht zerbrechen und zu Boden fallen, da seine Kraft verbraucht ist. Also ist Wirkung und Gegenwirkung gleich.

249. Man erzählt von einem Manne, welcher mit Kenntniß des Gesetzes der Wirkung und Gegenwirkung die Wette einging, daß er sich auf den Boden legen wolle und daß man einen Amboß auf seine Brust stellen könne; daß ferner Jeder mit so viel Kraft auf den Amboß schlagen dürfe, wie er nur immer äußern könne. In diesem Fall war die den Antrag machende Person gänzlich gesichert, vorausgesetzt, sie konnte die Schwere des Amboß tragen; denn würde der Schlag mit der äußersten Kraft und mit einem verhältnißmäßig leichten Körper, z. B. einem Hammer, geführt, so hätte die schlagende Person, obgleich sie beinah ihre doppelte Kraft dem Amboß mittheilte, wegen der Schwere desselben ihm nur eine geringe Erschütterung ertheilen können, so daß der Mann unten den Schlag nicht gefühlt haben würde. Wäre ein Quaderstein, anstatt des Amboßes gebraucht, so würde der Stoß noch geringer sein, denn Wirkung und Gegenwirkung vollkommen elastischer Körper ist noch zweimal so groß wie die der unelastischen; Eisen aber hat mehr Elasticität wie Stein.

250. Durch Gegenwirkung, welche der Wirkung Widerstand leistet, erhalten die Bewegungen lebendiger Wesen einen Erfolg. Gehen wir auf dem Boden, so leistet der Boden Gegenwirkung gegen den Druck und wir erlangen eine feste Haltung. Ein Vogel treibt sich vorwärts, indem er seine Flügel gegen das theilweise Widerstand leistende Mittel der Atmosphäre schlägt. Die theilweise Widerstand leistende Kraft des Wassers läßt einen Fisch durch Schwanz und Flossen sich vorwärts treiben. Ein Matrose, welcher ein Boot rudert, schlägt mit dem Ruder gegen das Wasser und die theilweise Widerstand leistende Kraft des Wassers, ertheilt dem Boote die Bewegung. Stoßen wir ein Boot vom Ufer, so besitzt der festere Boden eine noch größere Kraft der Gegenwirkung, so daß wir dem Boote eine größere Bewegung ertheilen können, als schlügen wir nur gegen das Wasser. Steigen wir in ein Boot und suchen wir es zu bewegen, indem wir bloß gegen einen Theil seines Baues drücken, so bringen wir keine Bewegung

hervor, denn Wirkung und Gegenwirkung sind hier gleich. Die ganze angewandte Kraft muß größer sein wie die Gegenwirkung, sonst kann dem Körper keine Bewegung mitgetheilt werden.

251. Wenn zwei Körper mit einander in Zusammenstoß kommen, wie im Fall, daß sich zwei Körper in gerader Linie, aber in entgegengesetzter Richtung bewegen, so wird das Gesetz der Wirkung und Gegenwirkung, weil es gleich ist, nicht klar dargestellt werden, wenn nicht der Zusammenstoß in der Richtung des Mittelpunkts der Schwere oder Trägheit der beiden Körper stattfindet. Der Mittelpunkt der Schwere wird alsdann zum Mittelpunkt der Wirkung oder des Stoßes (Perkussionspunkt). Z. B. schlagen wir eine Kugel mit einem Stocke an die Seite in entgegengesetzter Richtung zu ihrem Schwerpunkt, so wird sie auf beträchtliche Entfernung fortgetrieben; treffen wir sie aber über dem Schwerpunkt, so ist ein Theil der Kraft vergeblich verschwendet oder geht verloren, und die Kugel bewegt sich nur auf eine verhältnißmäßig geringe Entfernung. Die Erfahrung hat gezeigt, daß der Mittelpunkt der Wirkung an Hämmern im Kopfe, d. h. in dem Theil, womit man schlägt, liegt; schlägt man daher mit diesem Werkzeug, so läßt sich der Schlag mit allem möglichen Vortheil geben. Wenn aber ein Versuch gemacht wird, mit einem Gegenstande zu schlagen, wo der Mittelpunkt der Wirkung dicht an der äußersten Spitze liegt, z. B. bei einem gewöhnlichen Schürhaken, so wird ein Theil der Wirksamkeit auf die Hand der schlagenden Person verschwendet und diese empfindet ein schmerzhaftes Gefühl im Arm.

252. Diese Erklärung des Mittelpunkts der Wirkung läßt sich nur auf Körper, die sich in gerader Linie bewegen, anwenden. Bei den sich drehenden Körpern liegt der Mittelpunkt der Wirkung auf einem Punkte in denselben, auf welchem ein angebrachtes und nicht zu bewegendes Hinderniß den Körper zur Ruhe bringt, so daß er keine Neigung hat, sich nach irgend einer Richtung zu bewegen, wobei die Achse keinen Stoß erhält. An geraden Stangen, oder Körpern jeder Form, die als Pendel aufgehängt sind, ist der Mittelpunkt der Schwingung derselbe, wie der Mittelpunkt der Wirkung bei den sich drehenden Körpern.

Bewegung in elastischen Körpern.

253. In Bezug auf die Wirkung des Zusammenstoßes

werden die Körper in drei Klassen eingetheilt, in harte, weiche und elastische. Ein harter Körper ist ein solcher, welcher keine Veränderung der Gestalt durch die Wirkung einer Kraft leidet. Ein weicher Körper ist ein solcher, dessen Gestalt dadurch verändert wird; ein elastischer Körper leidet eine augenblickliche Veränderung der Gestalt, springt aber sogleich zurück und erlangt wieder seine ursprüngliche Form. Die zwei ersten Klassen heißen unelastische Körper.

254. Wenn zwei gleiche unelastische Körper sich mit gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung bewegen und zusammenstoßen, so wird ein jeder die Bewegung des andern zerstören und folglich in einen Zustand der Ruhe gelangen.

255. Findet sich Elasticität in den Körpern, so werden sie im Verhältniß ihrer Elasticität von einander zurück springen und ein bestimmter Vorgang der Gegenwirkung wird sich zeigen. Dadurch wird sich zugleich eine Gegenwirkung und eine Ueberlieferung der Kraft ergeben. Wie schon angegeben, ist Wirkung und Gegenwirkung vollkommen elastischer Körper das Doppelte der von unelastischen.

256. Ein Beispiel von Ueberlieferung der Kraft oder Bewegung von einem Körper zum andern, während die überliefernden Körper wegen ihrer wechselseitigen Gegenwirkung zur mitgetheilten Kraft in Ruhe bleiben, läßt sich bei einer Reihe von Billardkugeln sehen, welche eine gewisse Elasticität besitzen. Man stelle sechs Billardkugeln in eine Reihe auf einer ebenen Fläche, dicht an einander, oder daß sie sich sogar berühren. Alsdann gebe man der ersten Kugel Nr. 1 einen Stoß; diese wird sogleich an Nummer 2 stoßen und diese die Kraft Nr. 3 mittheilen, und Nr. 3 wird sie 4 ertheilen, und 4 der 5 und 5 der 6. Keine Kugel aber wird sich vom Orte, worauf sie ruht, bewegen, ausgenommen die letzte der Reihe, welche keine Kugel hat, an die sie anstoßen kann; diese rollt deßhalb fort und verbraucht die Nr. 1 mitgetheilte Kraft. Ein Versuch dieser Art wird gewöhnlich mit elastischen Kugeln von kleiner Größe ausgeführt, die man in einer Reihe an Fäden hängt; in diesem Fall nämlich ist keine Reibung vorhanden, um den Vorgang der Wirkung und Gegenwirkung zu unterbrechen.

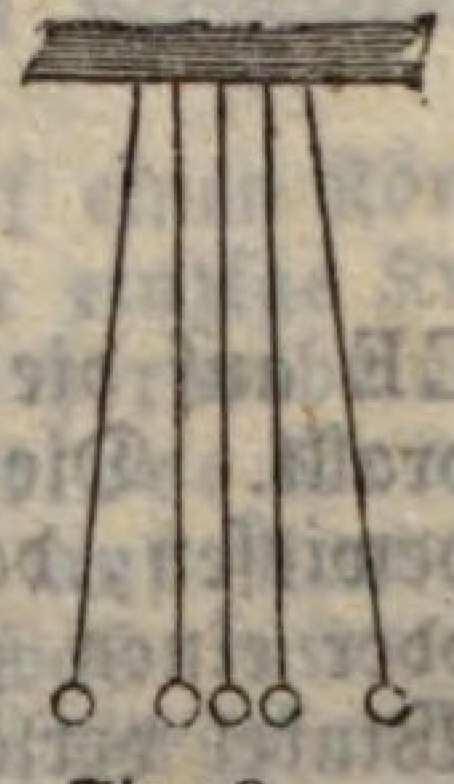


Fig. 8.

Zurückprallende Bewegung.

257. Ein durch eine einfache Kraft geworfener Körper geht in gerader Linie vorwärts, bis eine neue Kraft darauf einwirkt und ihn in einer neuen Richtungslinie fortsendet. Wird ein Körper so in einer neuen Richtung, nachdem er einen andern Körper getroffen hat, fortgetrieben, so nennt man seine Bewegung eine zurückprallende.

258. Beispiele zurückprallender Bewegung sind sehr gewöhnlich, z. B. wenn eine rollende Kugel einem Stein auf ihrer Bahn begegnet, wo sie alsdann in neuer Richtung schräg fortfliegt; wenn wir ein dünnes Schieferstück auf die Oberfläche eines Flusses werfen und es von Punkt zu Punkt hüpfen lassen; oder wenn ein Apfel, von einem Baume fallend, einen niedrigen Zweig beim Herabfallen berührt und in schiefer Richtung auf den Boden fällt.

259. Durch Versuche hat man erkannt, daß alle bewegenden Körper gewisse Gesetze in Bezug auf ihre Richtungslinie beim Zurückprallen beobachten, sobald sie mit einem Hindernisse in Berührung kommen.

260. In Figur 10 ist AB die Fläche einer Marmorplatte, C ist eine Elfenbeinkugel, die in der Richtung von

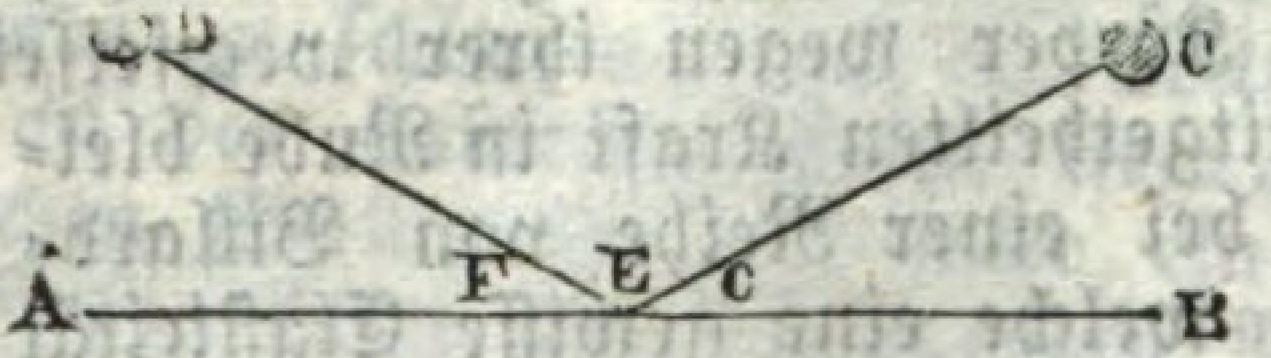


Fig. 10.

CE auf die Platte geworfen, in der Richtung ED zurückprallt. Die Winkel F und G sind vollkommen gleich; es ist bewiesen, daß eine elastische Kugel, die eine glatte Mauer oder einen glatten Boden trifft, den Punkt in demselben Winkel verläßt, womit sie auf ihn fiel.

261. Von welcher Art der Winkel auch sein mag, worin die Kugel die glatte, feste Oberfläche trifft, so wird sie stets dieselbe Regel zeigen. Dies ist in Figur 11 erläutert. Fällt die Kugel senkrecht von L nach K, so wird sie zurückprallen und nach L zurückkehren; fällt sie in der Linie HK, so wird sie nach I zu-

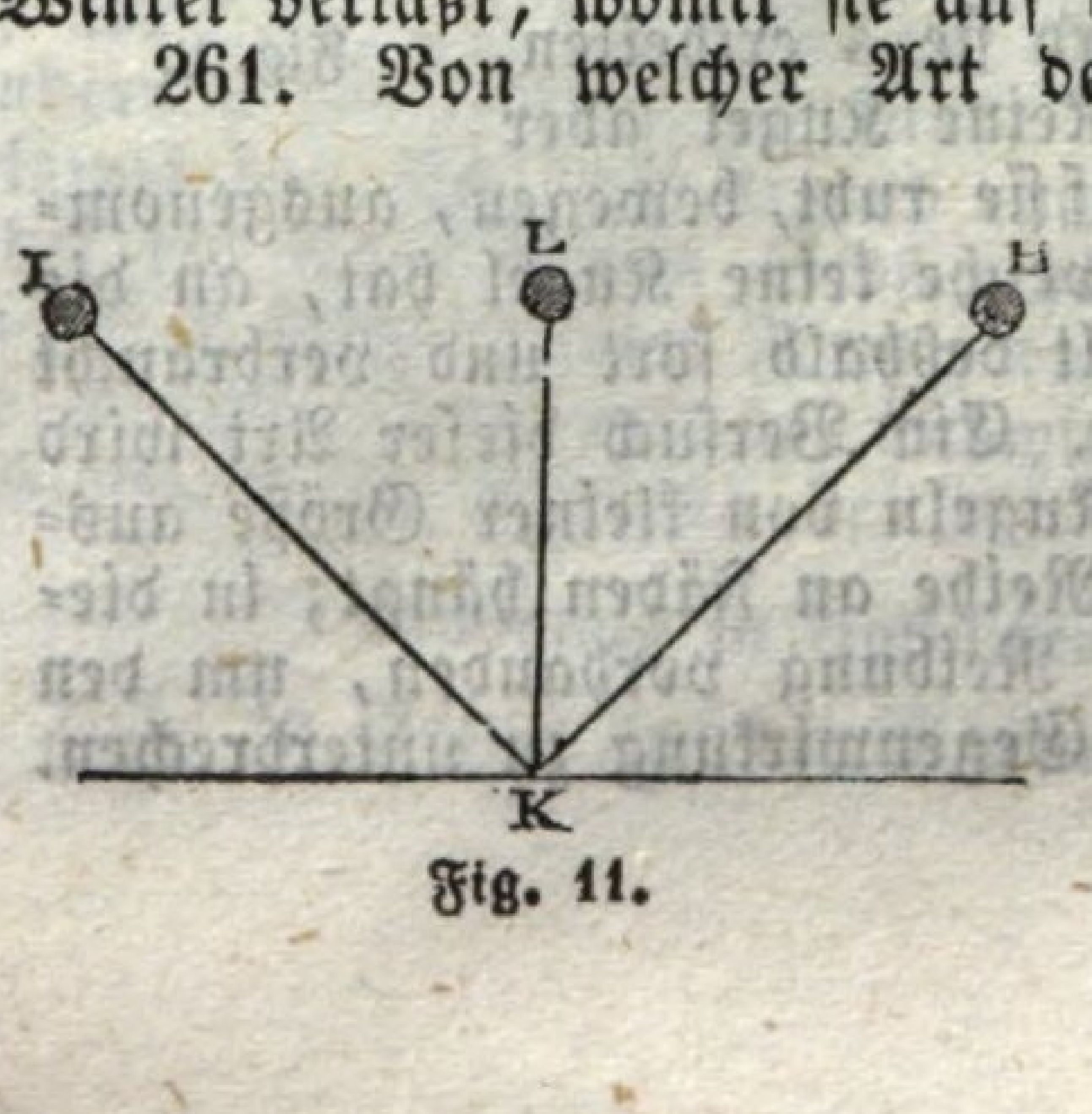


Fig. 11.

rückprallen. Der Winkel, welchen eine Kugel mit der Senkrechten bildet, indem sie von H nach K fällt, heißt der Incidenzwinkel (der Einfallswinkel); der Winkel, den sie beim Zurückprallen vom Punkte K nach I bildet, heißt der Reflexionswinkel. Diese Winkel sind stets gleich.

262. Eine Berechnung der Winkel zurückprallender Bewegung ist nothwendig für den Fall, daß man ein Schild oder eine andere Schutzwaffe gebraucht, um sich gegen ein Geschoß oder gegen den Schlag eines andern Menschen zu schützen. Ist der Winkel zu spitz, so wird das Schild Schaden erlangen oder vielleicht zerstört werden; ist er stumpf, so wird das Geschoß, ohne Schaden zu thun, abgleiten. Beim Billardspiel ist die größte Genauigkeit in der Berechnung der Kräfte und ihren Wirkungen nach den Grundsätzen zurückgeworfener Bewegung erforderlich.

Fortsetzung der Gesetze der Bewegung.

Zusammensetzung der Bewegung und Kräfte.

263. Bis jetzt haben wir nur von der Bewegung gesprochen, welche durch eine einfache, antreibende Kraft hervorgerufen und von einer andern darauf wirkenden Kraft abgewandt oder zurückgeworfen wurde; wir betrachten jetzt die zusammengesetzte Bewegung und Kraft, oder die Bewegung und Kraft, welche von zwei oder mehr Kräften hervorgerufen wird, die zur selben Zeit in verschiedenen Richtungen auf den Körper einwirken.

264. Wenn zwei oder mehre Kräfte auf einen Körper in gewissen Winkeln wirken, so läßt sich eine einzige Kraft ausfindig machen, welche dieselbe Wirkung hervorbringen würde. Diese einzige Kraft heißt die mittlere Kraft, die Resultante. Bläst z. B. ein Wind auf Nordwest und kömmt ein Strom aus Nordost, so daß beide ein Schiff in ihrer eigenen Richtung mit gleichen Geschwindigkeiten fortzuführen streben, so bewegt sich das Schiff in mittlerer Richtung, als wirke eine einzige Kraft auf dasselbe ein, nämlich ein Wind aus Norden.

Gewöhnlich stellt man die Vereinigung mechanischer Kräfte durch eine Figur dar, deren verschiedene Linien den Betrag oder die Stärke der Kräfte, deren Richtungen und Wirkung bezeichnen. Deßhalb dienen folgende Figuren hier zur Erläuterung.

265. In Figur 12 haben wir ein Beispiel der Bewegung, welche durch zwei Kräfte in verschiedenen Richtungen

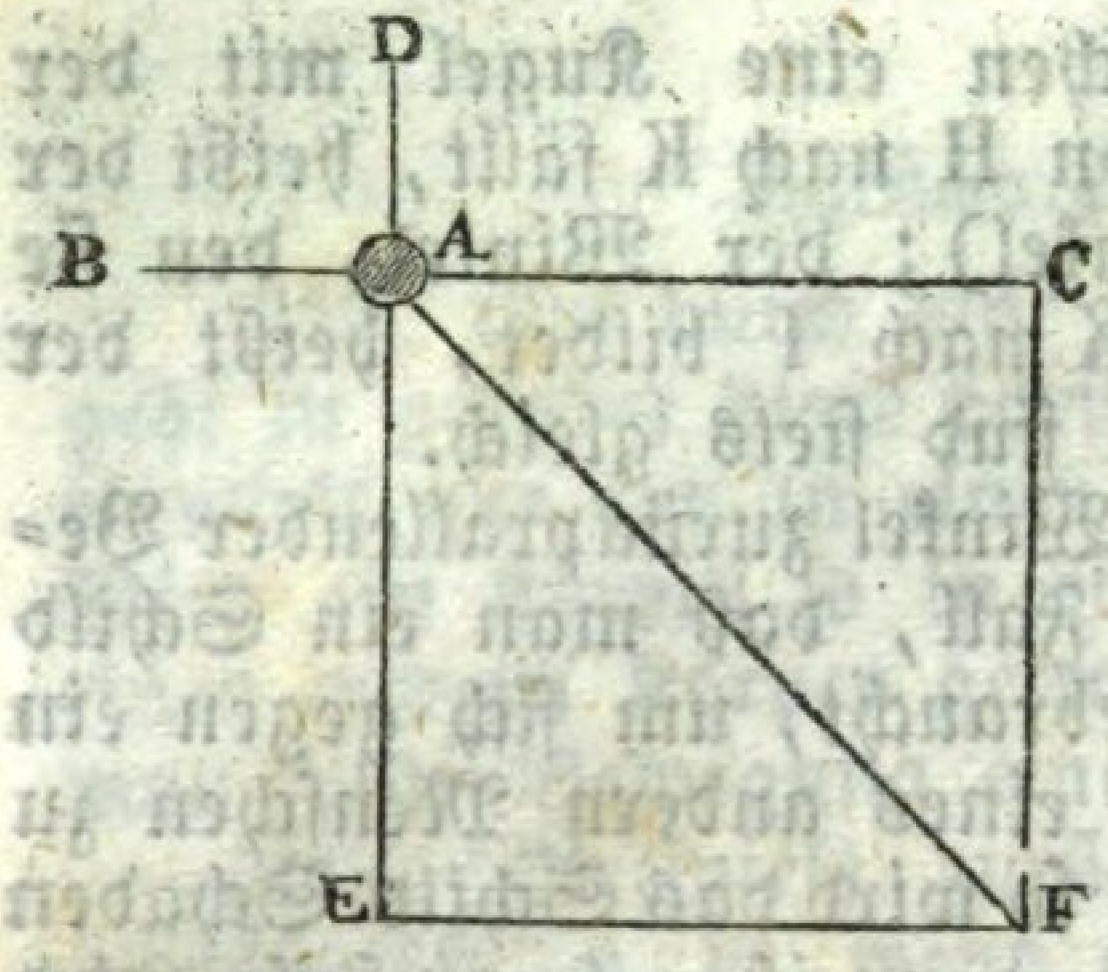


Fig. 12.

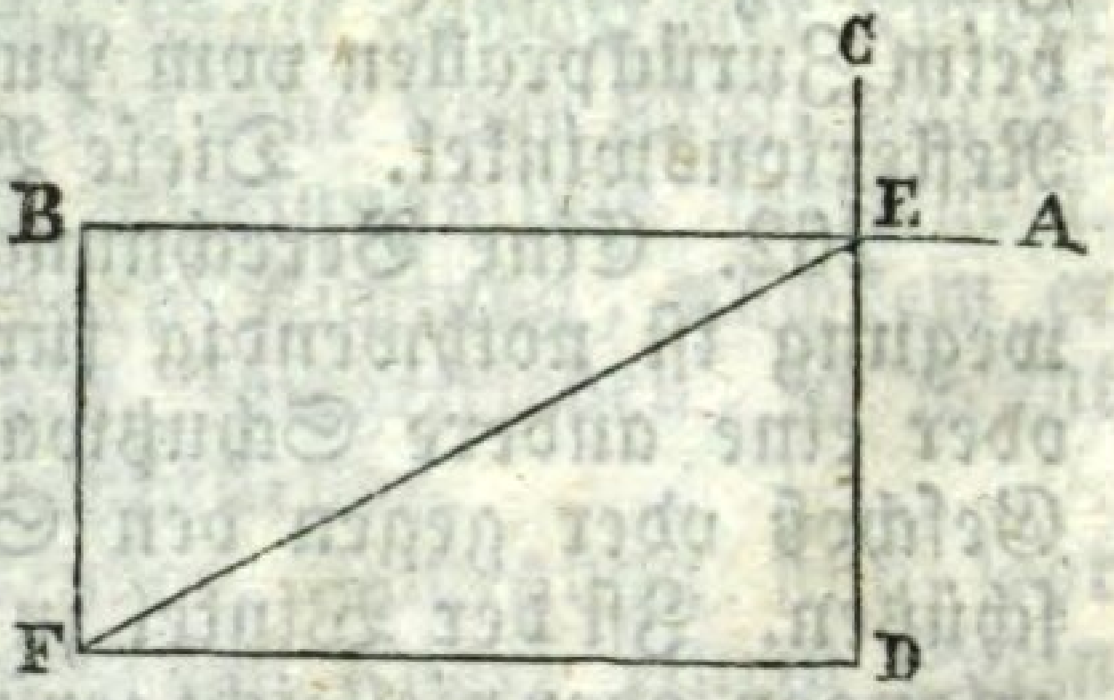


Fig. 13.

auf einen Körper hervorgebracht wird. A ist eine Kugel, welche einen Schlag in B erhielt und nach C fortschreitet. Am Punkte A erhält sie während ihres Laufes einen dem ersteren gleichen Schlag, welcher sie an den Punkt E in derselben Zeit gebracht haben würde, wie der erste Schlag nach C. Diese neue Kraft ändert die Richtung der ursprünglichen Bewegung und läßt die Kugel sich nach F bewegen; die Wirkuug ist dieselbe, als wäre die Kugel durch eine einzige Kraft nach F getrieben worden. In der Praxis lassen sich die Schläge nicht so genau abmessen, um gerade diese Linie hervorzubringen; allein in der Theorie der Kräfte verhält sich das Gesetz auf die angegebene Weise. Die Linie AF nennt man in der Figur die Diagonale des Quadrats.

266. Sind die bildenden Kräfte von verschiedenen Größen, so kann die beschriebene Figur ein Parallelogramm oder Oblong werden, wie Figur 13 darstellt. Hier ist die Kraft AB das Doppelte der durchschneidenden Kraft CD, wodurch die Kugel eine Diagonale nach F beschreibt und so ein Parallelogramm bildet, wenn wir alle mit dem Versuch verbundenen Linien ziehen. Das so gebildete Parallelogramm heißt das Parallelogramm der Kräfte. Die beiden gegebenen Kräfte in den Richtungen EB und ED heißen die Componenten (Bestandtheile) und die einzige Kraft in der Richtung EF ist die Resultante (mittlere Kraft). Das Verfahren, die einzige Kraft, welche aus den zwei oder mehr Kräften entsteht, aufzufinden, heißt die Zusammensetzung der Kräfte.

267. Das Verfahren, Kräfte aufzufinden, welche eine Bewegung hervorbringen, die der einer einfachen Kraft gleich ist, heißt die Zertheilung der Kräfte. Folgendes sind Beispiele von der Zertheilung der Kräfte.

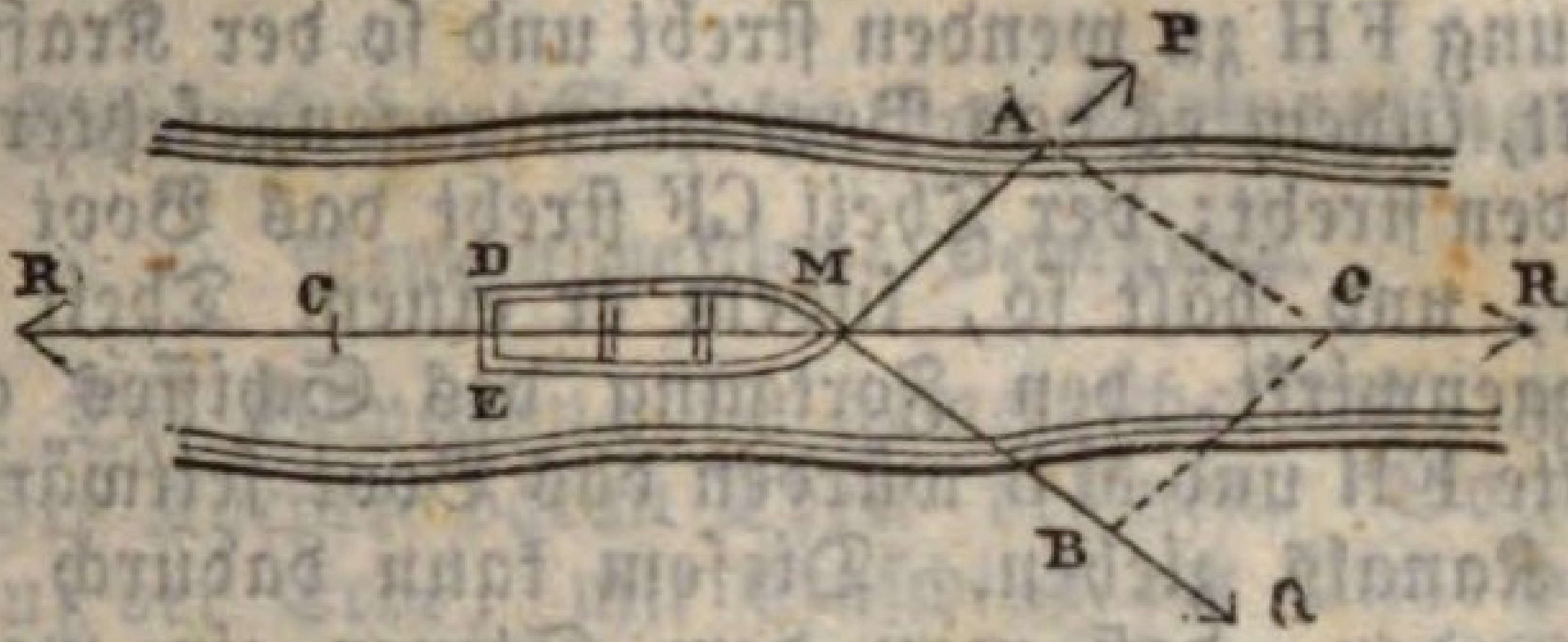


Fig. 14.

268. Wenn ein Boot DEM, in der Linie MC von einem Strome hinabgeführt wird, so lassen sich zwei Kräfte, P und Q, die in der Richtung von MP und MQ wirken, auffinden, um der Kraft des Stromes entgegenzuwirken und das Boot feststehend zu halten. (Fig. 14.) Man stelle MC durch R, die Kraft des Stromes, dar, und mache MC′ MC gleich, indem MA und MB wie zuvor gleich bleiben, so daß letztere P und Q darstellen. Wenn zwei Männer deßhalb zwei Taue in der Richtung von MP und MQ mit Kräften, die in MA und MB bezeichnet sind, ziehen, so werden sie das Boot im Zustande der Ruhe erhalten. Werden die Taue an die Pfosten P und Q gebunden, so werden die Kräfte MA und MB die Gegenwirkung bieten.

269. H′M sei ein Kanalboot, MP das Tau, woran es durch ein in P angespanntes Pferd gezogen wird. Die

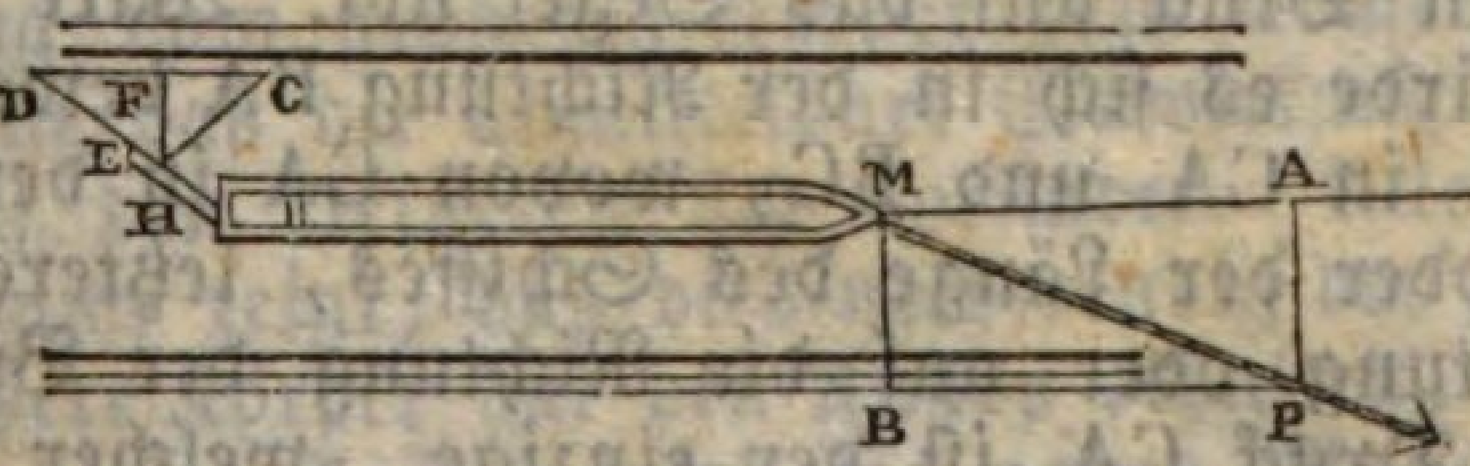


Fig. 15.

Ziehkraft ist als MP bezeichnet und mag in MA und MB zertheilt werden, wovon allein MA wirklich bestimmt ist, das Boot vorwärts zu ziehen, die andere Kraft MB strebt das Vordertheil des Bootes in der Richtung MB zu wenden. Diese letzte Kraft muß also eine Gegenwirkung finden, welche vermittelst des Steuers HE geschieht, das in schräger Richtung gewandt ist. Ist das Boot in Bewegung gesetzt, so bietet das ruhende Wasser einen Widerstand oder Druck gegen das Steuer. Wenn CD den Widerstand bezeichnet, so mag er in HD und HC zertheilt werden, wovon HD keinen Druck auf das Steuer hervorbringt; deßhalb ist allein CH der wirkliche Druck. Nun läßt sich CH in CF und FH zertheilen, wovon letzteres das Hintertheil des Bootes nach

der Richtung FH zu wenden strebt und so der Kraft MB entgegenwirkt, indem es das Boot in entgegengesetzter Richtung umzuwenden strebt; der Theil CF strebt das Boot rückwärts zu führen, und hält so, indem er einem Theil der Kraft MA entgegenwirkt, den Fortgang des Schiffes auf. Die zwei Kräfte FH und MB würden das Boot seitwärts zu dem Ufer des Kanals ziehen. Diesem kann dadurch entgegengewirkt werden, daß man dem Steuer ein wenig mehr schräge Richtung gibt; denn nach der Länge und Form des Schiffes wird es leichter in der Richtung seiner Länge wie Breite bewegt.

270. DP sei ein Schiff, SL die Segel, WA die Richtung des Windes und dessen Druck auf die Segel. WA kann aufgelöst werden in die auf dem Segel senkrechte

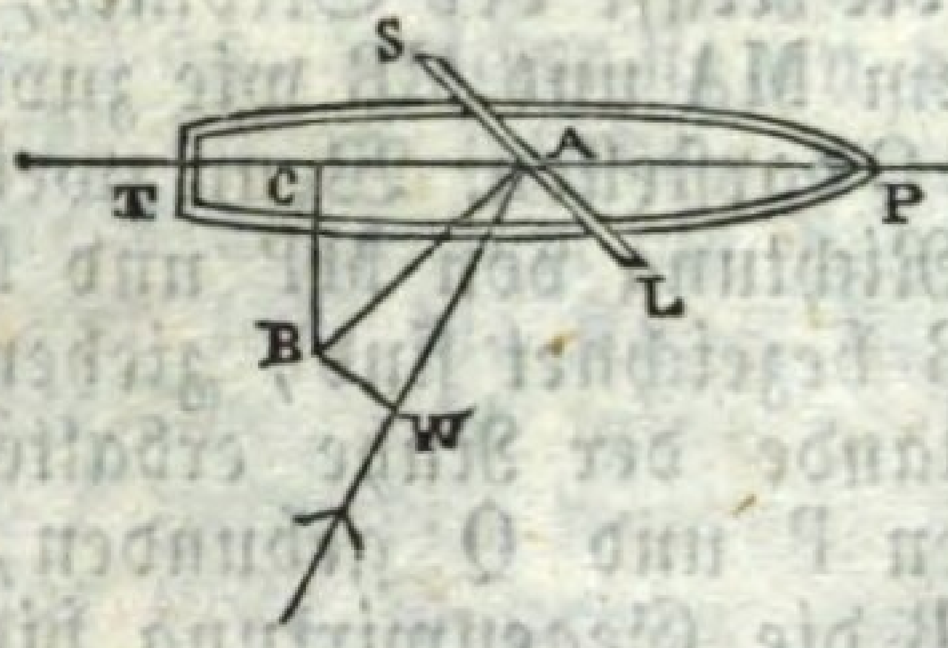


Fig. 16.

Linie AB und die mit dem Segel parallele BW, wovon letztere keinen Druck auf das Segel übt. Wäre das Schiff rund, so würde es sich in der Richtung BA bewegen. Man zertheile BA in CA und BC, wovon CA in der Richtung des Kieles oder der Länge des Schiffes, letzteres in senkrechter Richtung oder auf die Richtung der Breite wirkt. Der erstere Druck CA ist der einzige, welcher das Schiff vorwärts bewegt, BC bewegt es seitwärts. Nach der Form des Schiffes bewirkt jedoch diese letztere Kraft BC verhältnißmäßig sehr wenig Bewegung nach der Seite. Findet eine solche Bewegung statt, so nennt man dies Abfall oder Abtrift. Durch Wendung des Steuers läßt sich das Schiff nach jeder Richtung durch den Druck des Wassers umwenden, wenn es zugleich eine fortschreitende Bewegung hat.

271. Das Schweben eines Papierdrachen in der Luft bietet eine interessante Erläuterung von der Wirkung des Druckes einer Luftströmung, deren Erklärung in die Pneumatik gehört.

Schluß der Gesetze der Bewegung.

Gemeinschaftliche Bewegung.

272. Die Bewegung ist gemeinschaftlich, wenn zwei oder mehre Körper daran Theil nehmen. So haben alle Dinge auf der Erde, mit Einschluß der Atmospäre, eine Bewegung mit der Erde gemeinschaftlich; eine Person, die in einem Wagen fährt, hat die Bewegung mit dem Wagen gemeinschaftlich; eine Person, die in einem Schiffe zur See fährt, hat die Bewegung mit dem Schiffe gemein — der Bequemlichkeit halber werden wir hier die Ausdrücke größerer und kleinerer Körper gebrauchen; der größere ist der Körper, worauf die eine Bewegung hervorbringende Kraft unmittelbar einwirkt; der kleinere derjenige, welcher von dem Körper fortgeführt wird, der die Einwirkung der Kraft erlitt.

273. Ein großer Körper ist in Bewegung; er bewegt sich in einer gewissen Richtung und in einer gewissen Geschwindigkeit; jede Sache auf demselben oder jeder kleinere damit verbundene Körper nimmt an der Bewegung Antheil und hat eine Neigung in derselben Richtung und in derselben Geschwindigkeit fortzuschreiten.

274. Es scheint sonderbar, daß eine Mittheilung der Bewegung vom größeren Körper zum kleineren stattfinden kann, ohne daß die unmittelbare Einwirkung der wirkenden Kraft auf den kleineren sich vorfindet. Allein die nähere Untersuchung zeigt, daß dies nothwendig der Fall sein muß. Der größere Körper hat den Anstoß erhalten, sich zu bewegen und dieser Anstoß wird die ganze Masse des Körpers hindurch fortgepflanzt, indem er alle kleineren Gegenstände auf dessen Oberfläche und diejenigen mitbegreift, welche irgendwie mit der Forttreibung verbunden sind. Wenn ein Mann auf dem Verdecke eines Schiffes umhergeht, welches ungefähr 2½ Meilen in der Stunde zurücklegt, so glaubt er vielleicht, daß er nicht mehr Bewegung hat, als ginge er auf festem Boden. Allein diese Meinung ist unrichtig. Sein Körper und Alles an seinem Körper hat einen Antrieb von dem Schiffe erhalten; er besitzt eine eben so große Geschwindigkeit wie die Bretter des Schiffes; von dieser Bewegung vorwärts kann er sich nicht befreien, so lange das Schiff sich mit dieser Geschwindigkeit fort bewegt und so lange er damit in Verbindung bleibt.

275. In Bezug auf diese Theilnahme der Bewegung

in allen Körpern auf verbundenen Massen hat man beobachtet, daß alle Gegenstände ihren Platz auf den großen sich bewegenden Körpern behalten, womit sie in Verbindung stehen, und deßhalb findet sich keine Verwirrung in der Lage der Gegenstände auf der Erde durch deren Bewegung, z. B. springen wir von dem Boden hinauf, so gleitet die Erde unter unsern Füßen nicht hinweg, steigen wir in einer geraden Richtungslinie auf, so fallen wir genau auf denselben Platz, von wo wir aufstiegen. Fällt ein Mann von dem Gipfel des Mastes in einem segelnden Schiffe herunter, so fällt er auf das Verdeck gerade unter den Punkt, über welchem er hinabfiel. Sitzen wir in der Kajüte eines segelnden Schiffes und lassen wir einen Gegenstand aus der Hand auf den Boden fallen, so fällt er auf einen Punkt unmittelbar unten auf den Boden, als hätte man ihn in einem Hause mit festem Boden fallen lassen; der Fußboden gleitet nicht unter ihm weg. Sitzen wir in einer schnellfahrenden Kutsche und lassen gleicherweise einen Gegenstand fallen, so steigt er in derselben Weise zum Boden der Kutsche hinab. Der Grund für diese Erscheinungen ist der schon erwähnte; die kleinen Gegenstände besitzen eine von den größeren hergeleitete Bewegung; diese gemeinschaftliche Bewegung oder Trägheit in der Bewegung, wie einige Schriftsteller sie nennen, wird von kleinen Gegenständen während ihres Absteigens beibehalten, so daß sie auch noch im Herabsteigen vorwärts kommen; mit anderen Worten, sie zeigen eine zusammengesetzte Bewegung, eine horizontale und eine senkrechte absteigende.

276. Eines der schönsten Beispiele gemeinschaftlicher Bewegung ist dasjenige, welches ein Reiter auf einem Pferde stehend darbietet, das in einem Kreise läuft, während er Orangen aufwirft und sie beim Niederfallen fängt. Ungeachtet seiner schnellen Bewegung fallen die emporgeworfenen Orangen nicht hinter ihm nieder; sie kehren regelmäßig zu seiner Hand zurück. Um der Centrifugalkraft entgegen zu wirken, lehnt er sich sehr einwärts, dies aber verändert nicht das Gesetz der Trägheit in der Bewegung, welches die Orangen zu ihm zurückkehren läßt. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß die Orangen an den Kräften Theil nehmen, wodurch er selbst angetrieben und gehalten wird.

277. Kleine Körper, welche die Trägheit in der Bewegung von einem größeren erlangt haben, besitzen dieselbe, nachdem sie den größeren Körper verließen, bis sie auf eine

neue einwirkende Kraft gelangen, welche ihren Zustand zu verändern vermag. Würden sie nicht durch die Anziehung der Erde niedergezogen und fänden sie keinen Widerstand in der Atmosphäre, so würden sie sich immer in gerader Linie fortbewegen.

278. Lassen wir eine Kugel aus einer fahrenden Kutsche fallen, so bewegt sie sich vorwärts, als wäre sie noch in der Kutsche, bis sie auf den Boden fällt, wo sie angehalten wird; dort wird ihre Trägheit in der Bewegung zerstört. Versuchen wir aus einem bewegten Körper, z. B. aus einer Kutsche zu springen, so behalten wir die frühere Bewegung, bis wir die Erde berühren, worauf wir durch die Zerstörung unserer Trägheit in der Bewegung einen Stoß erhalten. Springen wir aber von einem sich bewegenden Körper in einen andern, der in derselben Richtung und Geschwindigkeit daneben fährt, so erhalten wir keinen Stoß, weil der Körper auf den wir springen, sich in demjenigen Zustand der Bewegung, den wir besitzen, befindet.

279. Wenn ein Mann, der auf dem Boden steht, auf einen fliegenden Vogel schießt, so muß er der Bewegung desselben folgen, indem er seine Flinte ebenfalls bewegt, steht er aber auf dem Verdeck eines Schiffes, welches ungefähr $2\frac{1}{2}$ Meilen in der Stunde zurücklegt, und seine Flinte auf einen Vogel richtet, der in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit wie das Schiff fliegt, so befindet er sich in demselben Zustand wie der Vogel und braucht seine Flinte nicht zu bewegen, als wolle er dem Vogel folgen. Zielt man auf einen fliegenden Vogel von festem Grunde aus, so wird beträchtliche Geschicklichkeit erfordert, um zu verhindern, daß das Geschoß auf einen Punkt hinter dem Vogel vordringt, weil das Geschoß bei der Abfeuerung der Trägheit in der Bewegung gänzlich entbehrt, wenn es nicht vorher in diese Bewegung gesetzt ist. Eine Kugel jedoch, welche, wenn sie den Flintenlauf verläßt, sich in derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung wie der Vogel bewegt, dringt in der Richtung des Vogels vorwärts, weil sie die Bewegung behält, die sie mit dem Flintenlaufe gemein hatte. Die Kugel geht alsdann nicht in der Richtung des Laufes, sondern schräg, so daß sie mit der Bewegung des Vogels gleich bleibt, so daß sie dieselbe Wirkung haben würde, als sei das Geschoß aus einem feststehenden Laufe auf dem Lande nach einem festen Punkt in der Luft, je nach dem Vorrücken des Vogels abgefeuert worden. Wird die Kugel aus einem Laufe

in einem segelnden Schiffe abgefeuert, welches nach Westen auf einen bestimmten Punkt des Landes zufährt, so muß man bei der Richtung die Trägheit in der Bewegung der Kugel in gewisser Weise beachten, man muß sie etwas nach Osten abfeuern und alsdann wird die Trägheit in der Bewegung sie nach Westen zum Gegenstand tragen.

280. Gegenstände, welche von Körpern, die sich in gerader Richtung bewegen, auf ruhende hinabfallen, erhalten durch dasselbe Gesetz, welches Geschosse leitet, ihre Richtung. Die fallenden Gegenstände, wie früher erwähnt wurde, erleiden die Einwirkung zweier Bewegungen, einer in horizontaler und einer zweiten in absteigender Richtung. Sind diese Bewegungen ungleich, so beschreibt der fallende Körper eine krumme Linie im Hinabsteigen, deren erhöhte Seite nach oben liegt. So ist Trägheit in der Bewegung und die Bewegung geworfener Körper eins und dasselbe; deßhalb wäre auch eine gewaltige Centrifugalkraft in der Sonne, welche genügen würde, einen Theil von ihrer Masse zu trennen, mit dem Antrieb eines Geschosses von einem feststehenden Körper aus, gleichbedeutend.

281. In Folge allgemeiner Theilnahme gemeinschaftlicher Bewegung in allen mit dem bewegenden Körper verbundenen Dingen können die fortgeführten lebenden Wesen kein Bewußtsein derselben haben, vorausgesetzt, die Bewegung ist vollkommen gleichförmig und kein Mittel vorhanden, ruhende Körper zu beobachten. Weil wir nun die Bewegung mit der Erde vollkommen gemeinschaftlich haben und weil dieselbe ohne allen Stoß fortrückt, können wir weder sehen noch fühlen, wie sich die Erde bewegt. Wir sehen jedoch die Sonne, welche für uns in Beziehung auf die Erde scheinbar bewegt zu sein scheint, wovon wir jedoch durch verschiedene Beweise wissen, daß sie sich im Zustande der Ruhe befindet; dadurch erkennen wir die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Achse und ihre jährliche und planetarische Bewegung um die Sonne. In derselben Weise kann eine Person, die in der Kajüte eines sanft segelnden Schiffes sitzt und die durch die Fenster nicht hinaussieht, durch ihr bloßes Gefühl nicht erkennen, daß sich das Schiff bewegt; sieht sie aber ans Ufer, welches ruht, so bemerkt sie sogleich die fortschreitende Bewegung des Schiffes.

282. Sieht man aus einem sich bewegenden Körper, z. B. von der Erde zur Sonne, von einem Schiff zum Ufer, oder von einer Kutsche aus auf Gegenstände am Wege, so hat man ein Gefühl der Täuschung, als ob nicht der Kör-

per, worauf man sich befindet, sondern der Körper, welcher ruht, sich wirklich bewegt und in einer entgegengesetzten Richtung zu der des Körpers, womit man verbunden ist, fortschreitet. Dies ist eine Folge des Umstandes, daß wir die Bewegung mit dem bewegten Körper gemeinschaftlich besitzen. Wir befinden uns unter einem Einfluß oder in einem Zustande, welcher uns unfähig macht, unsere Bewegung zu erkennen; daher der Irrthum, wozu uns unser Gesichtssinn verleitet, und welcher durch den Verstand berichtigt werden muß.

Der Gegenstand des nächsten Buches ist Mechanik oder eine Abhandlung über mechanische Kräfte und Maschinenwesen, welches die Anwendung der dargelegten Gesetze auf Erfindungen zur Verminderung und Unterstützung menschlicher Arbeit betrifft.

Inhalt.

	Seite
Materie und deren Eigenschaften	5
Undurchdringbarkeit	6
Ausdehnung oder Größe.	7
Gestalt. — Theilbarkeit.	8
Trägheit	11
Anziehung. — Anziehung der Cohäsion	14
Haarröhren- oder Capillaranziehung	15
Chemische Anziehung	17
Magnetische und elektrische Anziehung	18
Anziehung der Schwerkraft	20
Die Abstoßung in der Materie — Wärme.	24
Abstoßung als Eigenschaft der Wärme. — Eigenschaft der Wärme, die Körper verschieden zu gestalten. — Leitung der Wärme	26
Ausstrahlung der Wärme. — Erzeugung der Wärme	27
Allgemeine Verbreitung der Wärme	28
Temperatur — Thermometer.	28
Abstoßungskraft. — Kochendes Wasser	29
Verdampfungspunkt. — Dampf. — Freiwillige Verdunstung	31
Frost. — Gefrierpunkt	32
Gleichgewicht von Wärme und Kälte	32
Künstliche Vorrichtung, Frost zu erzeugen	34
Allmählige Veränderung der Temperatur	34
Ausdehnung in der Abkühlung. — Krystallisation	34
Punkt der größten Dichtigkeit im Wasser	35
Wirkungen des Frostes	36
Zusammenschrumpfen der Körper durch Wärme	37
Entzündung der Körper — Feuer	37
Außerwesentliche Eigenschaften der Materie	38
Dichtigkeit der Körper	39
Porosität. — Zusammendrückbarkeit	42
Elasticität. — Dehnbarkeit	43
Härte. — Zerbrechlichkeit oder Sprödigkeit. — Hämmerbarkeit	44
Streckbarkeit. — Zähigkeit	44
Allgemeiner Inbegriff der Eigenschaften	45
Bewegung und Kräfte. — Allgemeine Erklärung	45
Die Erscheinungen fallender Körper	49
Der Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Schwere	53
Der Pendel	59
Die Gesetze der Bewegung	65
Gleichförmige Bewegung in gerader Linie	66
Centrifugalkraft und gleichförmige Bewegung	67
Die Gesetze von den geworfenen Körpern	72
Wirkung und Gegenwirkung	74
Bewegung in elastischen Körpern	76
Zurückprallende Bewegung	78
Zusammensetzung der Bewegung und Kräfte	79
Gemeinschaftliche Bewegung	83

Kottenkamp, Franz, 1806-1858

Die Gesetze der Materie und Bewegung (umfassend: Statik, Pyronomik und Dynamik) ; für Schule und Haus

Stuttgart 1846

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Polym.45(1/15
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11112507-7